Dupl
Cet

EXCHANGED

Überreicht vom Verfasser.

SITZUNGSBERICHTE 1894. XXXIV.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

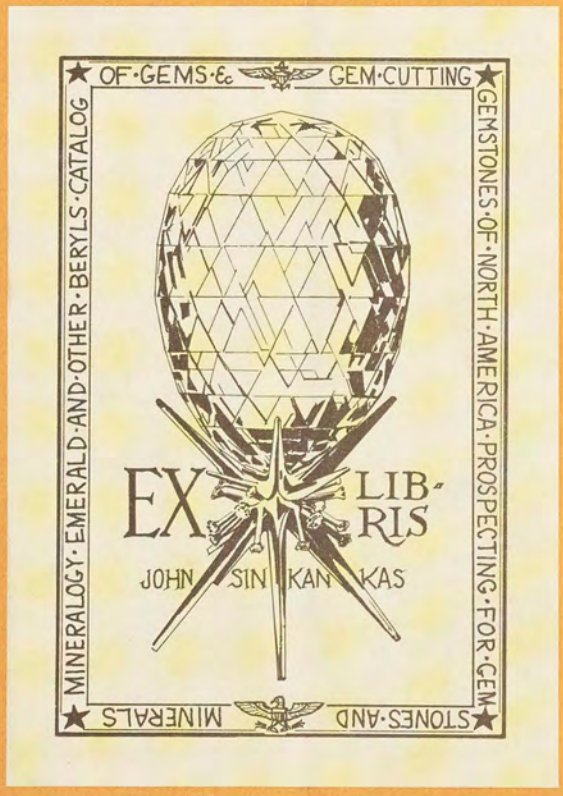
ZU BERLIN.

Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe vom 12. Juli.

Optische Studien an Granat, Vesuvian und Pennin.

Von C. Klein.

Smithsonian Institution
Geol
National Museum.


OF·GEMS·&c
GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND
MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX
LIB-
RIS
JOHN
SIN
KAN
KAS

JSL
RTL013939

Optische Studien an Granat, Vesuvian und Pennin.

Von C. Klein.

I. Granat.

In einer im Jahre 1882 veröffentlichten Arbeit[1]: Optische Studien am Granat, habe ich, unter Zusammenfassung des seither an diesem Mineral in optischer Hinsicht Bekannten, zu zeigen versucht, dass die hier vorkommenden, abnormen optischen Erscheinungen secundärer Art seien und nicht in erster Linie abhingen von der chemischen Zusammensetzung, sondern wesentlich bedingt seien durch die jeweils vorhandene Form, bez. die Symmetrie der Flächenbegrenzung derselben.[2] Daneben wurde geltend gemacht, dass auch noch andere beim Festwerden der Substanz in Frage kommende Momente[3] ihren Einfluss äussern werden, die Frage aber, was denn eigentlich als Ursache der hier auftretenden optischen Anomalien anzusehen sei, ihr Auftreten, welches dann unter dem Einfluss der Umgrenzungselemente[4] und anderer Factoren bei der Krystallisation in Erscheinung tritt, bedingt, offen gelassen.

[1] C. Klein, Optische Studien am Granat. Nachrichten v. d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1882, S. 457 f.; vergl. auch N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1883. I. S. 87 u. f.

[2] A. o. O. 1882, S. 548. 549 u. 554; 1883, S. 151. 152 u. 156.

[3] A. o. O. 1882, S. 555; 1883, S. 156 u. 157.

[4] Ich finde mich aus dem Umstande, dass bei der Bildung optischer Anomalien neben den Umgrenzungselementen noch manche andere Momente mit ins Spiel kommen, nicht veranlasst, den anschaulichen Ausdruck: Einfluss der Umgrenzungselemente durch Einfluss der Schichtungselemente, wie H. A. Karnojitzky (Zeitschr. f. Krystallographie 1891, B. 19 S. 572, Fussnote) will, zu ersetzen. Der von Klocke und mir gebrauchte Ausdruck umfasst zwar nicht alles das, was Einfluss hat, aber der neu vorgeschlagene thut dies ebenso wenig und scheint mir auch noch in anderer Hinsicht nicht einwurfsfrei zu sein. Wollte man einen Alles umfassenden Ausdruck haben, so müsste man von dem Einfluss der Krystallbauelemente reden.

In dem auf die Veröffentlichung dieser Arbeit folgenden Zeitraum von über 10 Jahren sind mehrere Arbeiten erschienen, die zum weiteren Ausbau und zur Festigung des dort Niedergelegten beigetragen haben, andererseits hat es an gegentheiligen Meinungen nicht gefehlt. Ich gebe daher zuerst eine Zusammenstellung der wichtigsten Arbeiten über den berührten Gegenstand, bespreche sie sodann kritisch und füge zum Schluss neue Untersuchungen an, deren Resultate meine Ansicht erhärten.

1. Litteraturübersicht und historische Einleitung.

1. A. Renard. Les roches grenatifères et amphiboliques de la région de Bastogne. Bulletin du Musée Royal d'histoire naturelle de Belgique I. 1882. — Sep.-Abz.
2. R. Brauns. Über die Ursache der anomalen Doppelbrechung einiger regulär krystallisirender Salze.
   N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1883. II. S. 102 f.
3. S. L. Penfield. Über Erwärmungsversuche an Leucit und anderen Mineralien.
   N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1884. II. S. 224.
4. G. Tschermak. Lehrbuch der Mineralogie 1884. S. 196 u. 473; 1894. S. 208 u. 487.
5. R. Brauns. Einige Beobachtungen und Bemerkungen zur Beurtheilung optisch anomaler Krystalle.
   Inaugural-Dissertation. Marburg 1885 u. N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1885. I. S. 96 u. f.
6. C. Klein. Über die Ursache optischer Anomalien in einigen besonderen Fällen.
   N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1885. II. S. 237 u. f.
7. F. Zirkel. Elemente der Mineralogie, begründet von Carl Friedrich Naumann. 1885. S. 183 u. f., 596.
8. H. Rosenbusch. Mikrosk. Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. 1885. I. S. 260 u. f.; 1892. I. S. 296 u. f.
9. M. Bauer. Lehrbuch der Mineralogie. 1886. S. 192 u. f., 430.
10. C. Klein. Festrede im Namen der Georg-Augusts-Universität (in Göttingen) zur Akademischen Preisvertheilung am 4. Juni 1886.
11. Whitman Cross. On the occurrence of topaz and garnet in lithophyses of rhyolite.
   American Journal of Science. 1886. Vol. 31. S. 432 u. f.
12. C. Klein. Beleuchtung und Zurückweisung einiger gegen die Lehre von den optischen Anomalien erhobenen Einwendungen.
   N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1887. I. S. 223 u. f.
13. R. Brauns. Was wissen wir über die Ursachen der optischen Anomalien?
   Habilitationsvortrag, Marburg 1887 u. Verhandl. des naturhistorischen Vereins, Bonn 1887.
14. Bruno Mierisch. Die Auswurfsblöcke des Monte Somma.
   Min. u. petr. Mitth., herausgegeben von G. Tschermak. N. Folge 1887. VIII. S. 113 u. f.
15. C. Klein. Optische Untersuchungen zweier Granatvorkommen vom Harz.
   N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1887. I. S. 200—201.
16. A. Karpinsky. Spessartin vom Ural. Referat von P. Groth in Zeitschr. f. Krystallographie 1889. B. XV. S. 559 über einen Theil der Arbeit von A. Karpinsky: Über einige Graphit und Granat führende metamorphische Gesteine des Ural. Bull. de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Pétersbourg. 1887. T. 31 S. 484.

17. R. Brauns. Mineralien und Gesteine aus dem hessischen Hinterland. 1. Palaeopikrit, Webskyit und Granat von Bottenhorn.
Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellsch. 1888. B. XL. S. 465 u. f.
18. A. Osann. Über den Cordierit führenden Andesit vom Hoyazo (Cabo de Gata).
Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellsch. 1888. B. XL. S. 694 u. f.
19. A. Michel-Lévy et Alfr. Lacroix. Les Minéraux des Roches. Paris 1888.
20. G. Nordenskiöld. Om mineral från drushål vid Taberg i Vermland.
Geol. fören. i Stockholm förhandl. 1889. Bd. 12. S. 348 u. f.
21. C. Hintze. Lehrbuch der Mineralogie. 1889. 1. Lief. S. 46 u. f.
22. A. Lacroix et Ch. Baret. Note sur quelques minéraux de la Loire-Inférieure.
Bulletin de la Soc. Française de Miner. 1889. T. XII. S. 527 u. f.
23. F. Pockels. Über den Einfluss elastischer Deformationen, speciell einseitigen Drucks, auf das optische Verhalten krystallinischer Körper. Inaug.-Dissert. Göttingen 1889.
Wiedemann's Annalen der Physik. 1889. N. F. B. 37. S. 144 u. f.; Referat des Verfassers. N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1890. I. S. 197 u. f.
24. F. Pockels. Über die durch einseitigen Druck hervorgerufene Doppelbrechung regulärer Krystalle, speciell von Steinsalz und Sylvin.
Wiedemann's Annalen der Physik. 1890. N. F. B. 39. S. 440 u. f.; Referat des Verfassers. N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1890. II. S. 367 u. f.
25. W. C. Brögger. Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite.
Zeitschr. f. Kryst. 1890. B. XVI. S. 160–172.
26. A. Schmidt. Mineralogische Mittheilungen.
Zeitschr. f. Kryst. 1891. B. XIX. S. 56 u. f.
27. A. Karnojitzky. Einige Betrachtungen über die mögliche Ursache der optischen Anomalien in den Krystallen.
Zeitschr. f. Kryst. 1891. B. XIX. S. 571 u. f.
28. R. Brauns. Die optischen Anomalien der Krystalle. Gekrönte Preisschrift. Leipzig 1891.
29. Er. Mallard. Sur le grenat Pyrénéite.
Bulletin de la Soc. Française de Minér. 1891. T. XIV p. 293 u. f.
30. R. Brauns. Eine Bemerkung zur Abhandlung von E. Mallard: Sur le grenat Pyrénéite.
N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1892. I. S. 217 u. f.
31. E. S. Dana. A System of Mineralogy. Descriptive Mineralogy 1892. S. 439.
32. F. Pockels. Über die Berechnung der optischen Eigenschaften isomorpher Mischungen aus denjenigen der gemischten reinen Substanzen.
N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1892. Beil. B. VIII. S. 117 u. f.
33. F. Pockels. Über die Änderung des optischen Verhaltens von Alaun und Beryll durch einseitigen Druck.
N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1892. Beil. B. VIII. S. 217 u. f.
34. A. Lacroix. Minéralogie de la France et de ses colonies. 1893. I 1. S. 206 u. f.
35. R. Brauns. Referat über A. Karnojitzky. Einige Betrachtungen über die mögliche Ursache der optischen Anomalien in den Krystallen.
N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1893. I. S. 456 u. f.
36. F. Zirkel. Lehrbuch der Petrographie. 1893. I. S. 362 u. f.
37. F. Becke. Der Aufbau der Krystalle aus Anwachskegeln.
Vortrag gehalten im naturhist. Verein »Lotos« in Prag am 26. Nov. 1892. Abgedruckt in »Lotos« 1894. N. F. B. XIV.
38. E. Weinschenk. Topazolith aus dem Cipitbach, Seisser Alp.
Zeitschr. f. Krystall. 1894. B. XXII. S. 553.

Gegen Ende des Jahres 1882, etwas später als meine Abhandlung über den Granat erschien, veröffentlichte A. Renard seine Studien über granatführende und amphibolitische Gesteine aus der Umgegend von Bastogne in Belgien.

Speciell wird bei der Beschreibung eines granatführenden Quarzits von Isle-la-Hesse (1. S. 17 u. f., Tafel 1, Fig. 1) der eigenthümlichen Granatdurchschnitte gedacht und dieselben mit den Erscheinungsweisen verglichen, die Durchschnitte von Staurolith, Chiastolith u. s. w. darbieten. Die Substanz des Granats soll nicht auf das polarisirte Licht wirken, sondern vollkommen isotrop sein. Der chemischen Zusammensetzung nach ist es ein Mangan-, Eisen-, Kalk-, Thongranat, der sich secundär bei Contactvorgängen gebildet und Einschlüsse von Quarz und Muscovit, nach bestimmten Ebenen eingelagert, in sich aufgenommen hat.

Betrachtet man die Sache im Lichte meiner früheren Auseinandersetzungen näher, so liegen dodekaëdrische Granate vor, die die normale Dodekaëderstructur besitzen und nach den Flächen des Rhombendodekaëders, bez. des Oktaëders getroffen sind. Die Trennungsklüfte der einzelnen Anwachspyramiden[1] sind mit den oben genannten Secundärproducten erfüllt. Die Wirkung auf das polarisirte Licht ist schwach, aber vorhanden, wie ich mich an einem Exemplar von Libramont in Belgien, was genau bezüglich des Granats dieselben Erscheinungen zeigt, wie das von Renard beschriebene, überzeugen konnte, und zwar ist die optische Structur dieselbe wie beim Granat von Auerbach, woselbst die negative Mittellinie der optischen Axen zur Rhombendodekaëderfläche senkrecht ist und die Axenebene in die lange Rhombendiagonale fällt. (Vergl. auch den diesbezüglichen Hinweis von A. Lacroix 1893 (34. S. 256).

Einen wichtigen Fortschritt in der Erkenntniss dessen, was als Hauptursache des Eintretens optischer Anomalien in gewissen Fällen anzusehen ist, brachte die Arbeit von Brauns vom Jahre 1883 (2. S. 102 u. f.). In derselben kommt genannter Forscher zu dem Ergebniss, »dass chemisch reine Krystalle (von Alaun u. s. w.) vollkommen optisch isotrop sind, und die anomale Doppelbrechung nur bei solchen vorkommt, denen ein isomorphes Salz beigemengt ist« (S. 102). Bezüglich der Molecularstructur eines isomorphen Mischkrystalls theilt

[1] Ich vermeide mit Absicht den von Becke 1894 (37. S. 1. Sep.-Abz.) gebrauchten Namen Anwachskegel und ziehe den obenstehenden als den richtigeren vor. Schon Becke war bezüglich dieser Namengebung schwankend, hat sich aber, nach meiner Ansicht, für das Unrichtige entschieden. Das Gebilde, was in Frage steht, ist eine Pyramide und kein Kegel; es darf daher auch nicht nach letzterer Gestalt benannt werden.

Brauns die Ansicht der Forscher, die einen solchen Krystall »aus den Molecülen der beiden isomorphen Substanzen aufgebaut betrachten« (a. o. O. S. 107, Fussnote) und spricht aus, »dass das optisch anomale Verhalten der Mischkrystalle auf eine gegenseitige Beeinflussung der verschiedenartigen, in denselben neben einander liegenden Molecülen zurückzuführen ist« (a. o. O. S. 102). Näher geht auf diesen Gegenstand der Autor noch an anderen Stellen seiner Arbeit ein (a. o. O. S. 107 u. 108).

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass hiermit ein wesentlicher Schritt zur Erkenntniss der optischen Anomalien isomorpher Mischkrystalle gethan war und eine Anwendung auf den Granat stattfinden musste. Verfasser hat dies auch selbst sofort hervorgehoben. — Es ist ihm indessen damals noch nicht nahe getreten, dass die Thatsache, auf welche hin er seine Ideen stützt, schon lange vordem bekannt, aber, wie es scheint, fast völlig wieder vergessen worden war. Ich werde auf diesen Punkt später zurückkommen.

Im Jahre 1884 stellte Penfield (3. S. 224) Erhitzungsversuche an diversen Mineralien an und fand, wie ich es früher angegeben hatte, dass Granaten diverser Fundorte, die optische Abnormitäten zeigten, durch Erhitzen nicht isotrop wurden.

Das Lehrbuch der Mineralogie von Tschermak vom Jahre 1884 nimmt zu den bis dahin erkannten Thatsachen und den daraus zu ziehenden Schlüssen eine abwartende Stellung ein und betrachtet (4. S. 196) den Grossular unter den anomalen Krystallen, führt fernerhin im System beim Granat an (4. S. 473), dass die öfters bei diesem Minerale zu beobachtende Doppelbrechung »nach den Untersuchungen Klein's nicht als wesentlich, sondern als Anomalie anzusehen ist.«

Dieser Standpunkt ist auch im Wesentlichen in der neuesten Auflage des genannten Werkes vom Jahre 1894, S. 208 u. 487 beibehalten worden. Des Einflusses einer isomorphen Mischung — beim Alaun nach Brauns — wird 1894 auf S. 208 kurz gedacht.

In seiner Inauguraldissertation vom Jahre 1884 (5. S. 96 u. f.) entwickelt Brauns seine Ansichten über optische Anomalien, herrührend von dem Zusammenwirken der Componenten isomorpher Mischungen näher und findet die wichtigsten der am Granat gemachten Beobachtungen am leicht löslichen und zu Versuchen so geeigneten Alaun wieder, so dass dort dieselbe Entstehungsursache wie hier anzunehmen ist, wo es sich um das Zustandekommen der Abnormitäten unter dem Einfluss der isomorphen Mischungen handelt.

Speciell können nun auch die isophanen Schichten erklärt werden: in ihnen hat entweder die Anlage einer isophanen Grundsubstanz oder Compensation der Doppelbrechung zweier entgegengesetzt wirkender

Grundsubstanzen stattgefunden. Alles Andere fügt sich schön unter die allgemeine Annahme, die der reinen Substanz als solcher das isotrope Verhalten, dem Zusammenwirken mehrerer solcher Substanzen das optisch abnorme zuweist, welches letztere sich dann nach den Umgrenzungselementen, der Form, die in Erscheinung tritt, regelt.

Die von Brauns ausgesprochene und durch Versuche erhärtete Ansicht über die Ursache von optischen Abnormitäten bei isomorphen Mischungen habe ich alsbald nach ihrem Bekanntwerden und dann auch öffentlich 1885 (6. S. 237 u. f.), sowie 1886 (10. S. 18 u. 19) als höchst wahrscheinlich angenommen und anerkannt.

Im Jahre 1885 nimmt Zirkel in seinem Lehrbuch der Mineralogie die wichtigsten der von mir am Granat gemachten Beobachtungen auf und fügt die Brauns'sche Ansicht an. Es könnte aber nach dem Wortlaut der Anmerkung scheinen, als stünde die Brauns'sche Meinung im Gegensatz zu der meinigen (7. S. 184). Dies ist indessen nicht der Fall, die Anschauung von Brauns geht auf die von mir offen gelassene Ursache der Erscheinung ein, die ich nach Maassgabe der Art meines Materials — in Wasser nicht lösliche und daher zu Versuchen wie mit Alaun nicht heranzuziehende Substanzen — nicht zu lösen in der Lage war.

H. Rosenbusch nimmt 1885 (8. S. 261 u. f.) die von mir erkannten Erscheinungsweisen der Granaten in optischer Hinsicht in seinem Werke auf und lässt in der neuen Auflage desselben 1892, S. 298 u. f. meine Ansicht ebenfalls in derselben Weise zur Geltung kommen. Bezüglich der bei der Besprechung der Ikositetraëderstructur gemachten Bemerkung sei hervorgehoben, dass niemals in Strenge eine optische Einaxigkeit der Anwachspyramiden, sondern stets Zweiaxigkeit, wenn auch mit sehr kleinem Axenwinkel schon von mir beobachtet wurde. (C. Klein 1882 S. 521; 1883 S. 131.) Die zusammenfassende Bemerkung in der Arbeit von 1882 S. 549 und 1883 S. 152 ist danach zu beurtheilen.

Das Lehrbuch der Mineralogie von M. Bauer 1886 (9. S. 192 u. f., S. 430) berücksichtigt die am Granat gewonnenen Resultate. —

Whitman Cross studirte 1886 (11. S. 434 u. 435) Manganeisenthongranate aus Lithophysen eines Rhyoliths der Rocky-Mountains.

Sie hatten die Form $2O2$ (211), mit ∞O (110) und wiesen neben 35.66 Procent SiO^2 u. 18.55 Procent Al^2O^3, sowie 0.32 Procent Fe^2O^3 einen Gehalt von 14.25 Procent FeO, 29.48 Procent MnO, 1.15 Procent CaO, daneben 0.27 Procent K^2O, 0.21 Procent Na^2O, 0.44 Procent H^2O, Sa. 100.33 auf. Die Zusammensetzung stellt also im Wesentlichen die isomorphe Mischung eines Manganthon- mit einem Eisenthongranat dar. — Die zu erwartenden optischen Anomalien waren schwach an-

gezeigt, aber vorhanden und sie entsprachen, nach Verfasser, meinen Angaben.

Im Jahre 1887 habe ich gegenüber Hrn. Wyroùboff (12. S. 240) den Standpunkt nochmals klar gestellt, der nach meiner Anschauung in der Granatfrage nach den Untersuchungen von Mallard, Bertrand, von mir und Brauns einzunehmen ist und der im Wesentlichen auf das schon weiter oben Mitgetheilte hinauskommt.

In ähnlichem Sinne spricht sich auch Brauns 1887 (13) bezüglich des Granats aus, dessen öfters vorkommende Verschiedenheit in dem Charakter der Doppelbrechung er durch die verschiedene chemische Zusammensetzung bedingt ansieht. — Interessant ist auch die Kenntnissnahme des ihm zum ersten Male in der Litteratur begegnenden Hinweises (13. S. 10 u. 11), dass der ammoniakhaltige Alaun doppelbrechend, der Ammoniakalaun dagegen einfachbrechend sei.

Die Abhandlung von B. Mierisch 1887 (14. S. 147) bringt den Nachweis, dass die optischen Abnormitäten des Vesuvgranats vorwiegend mit den Erscheinungen des Rhombendodekaëdertypus zu vereinigen seien und ganz besonders an klaren, einschlussfreien Partien vorkommen. Unrichtig ist die Angabe, ich habe erwähnt, der gelbe Granat vom Vesuv sei vollständig isotrop.

Dies habe ich in einer ferneren Mittheilung 1887 (15. S. 200 u. 201) klargestellt und auf das eine bestimmte, von mir untersuchte Krystallvorkommen bezogen. Überdies prüfte ich damals noch die Contactgranaten von der Schurre an der Rosstrappe im Harz und fand sie isotrop, während die Granaten aus dem Kalksilicathornfels von Romker Halle im Ockerthal des Harzes Dodekaëderstructur zeigten und sich wie die anderen Hauptvorkommen verhielten.

A. Karpinsky prüfte 1887 (16. S. 559 u. 560) Manganthongranate vom Ural. Er fand sie einfachbrechend, sie zeigten aber durch Einschlüsse von Graphit und Kalkspath eine Feldertheilung, indem sich besagte Mineralien nur auf denjenigen Ebenen abgelagert hatten, welche das Dodekaëder in zwölf Pyramiden theilen. Die Basis je einer solchen Pyramide wäre eine Dodekaëderfläche und die Spitze der Mittelpunkt des Krystalls. — Man sieht aus dieser Darstellung, dass auch hier eine Dodekaëderstructur vorliegt. Eine sehr merkbare Doppelbrechung war jedenfalls nicht vorhanden; es ist aber auch nicht angegeben, ob mit empfindlichen Hülfsmitteln geprüft wurde und sonach ungewiss, ob sie gänzlich fehlte. — Der Fall erinnert an die Renard'schen Beobachtungen 1882 (1.) und das mit Bezug darauf von mir Mitgetheilte.

R. Brauns untersuchte 1888 (17. S. 475 u. f.) den Granat von Bottenhorn aus dem hessischen Hinterland. Die Krystalle waren Rhombendodekaëder mit Knicken auf den Flächen in der Richtung der Diagonalen,

Optisch verhielten sie sich dementsprechend und zeigten Topazolithstructur mit zonenweise wechselndem Charakter der Doppelbrechung, ähnlich dem von mir seiner Zeit untersuchten grünen Granat von Breitenbrunn. Die Analyse ergab $SiO^2 = 34.95$; $Fe^2O^3 = 30.12$; $Al^2O^3 = 1.77$; $CaO = 33.29$; $Sa = 100.13$, also die isomorphe Mischung eines vorwaltenden Kalkeisen-, mit einem untergeordneten Kalkthongranat.

An einem Granat aus dem Andesit von Hoyazo (Cabo de Gata) konnte A. Osann 1888 (18. S. 705) die herrschende Form $2O2$ (211) nebst ∞O (110) und anderen Flächen constatiren, ihn durch chemische Prüfung dem Almandin anschliessen und optisch die vollkommene Isotropie erkennen.

In dem Lehrbuch: Les minéraux des roches von A. Michel-Lévy und Alfr. Lacroix 1888 (19. S. 216 u. f.) werden die von mir beobachteten Thatsachen angeführt und die Ansichten von Mallard und mir gegenüber gestellt. Der von mir übernommene Ikositetraëdertypus erfährt keine ganz richtige Deutung, wie ich es schon bei Besprechung von (8.) hervorgehoben habe. Die einzelnen Anwachspyramiden der Granaten von Wilui von der Form $2O2$ (211) sind, wenn auch nach Grösse des Axenwinkels und Schiefe der Mittellinie mir damals nur Grenzfälle vorgelegen haben, entschieden zweiaxig, was schon damals erkannt wurde und, was sich jetzt, an neuerem Material, noch entschiedener wie früher durch die Beobachtung ergeben hat, monoklin.

Die von G. Nordenskiöld 1889 (20. S. 350 u. f.) untersuchten Granaten von Taberg in Wermland sind röthlich braune Rhombendodekaëder, die auf den Flächen Knicke, den Kanten des Rhombendodekaëders parallel gelagert, zeigen. Die Structur ist im optischen Sinne in Folge dessen nicht die reine Dodekaëderstructur, sondern eine solche im Grossen und Ganzen mit Hinneigung zu der Hexakisoktaëderbildung.

Die von mir am Granat erkannten Thatsachen und die darauf gegründete Eintheilung in vier Haupttypen haben eine volle Würdigung gefunden in dem Handbuch der Mineralogie von C. Hintze 1889 (21. S. 46 u. f.). —

Aus Wernerit führendem Augitgneiss von l'Etang bei Saint Nazaire (Dép. Loire Inférieure) beschreiben A. Lacroix und Ch. Baret 1889 Grossulare (22. S. 534 u. 535.) Es sind Rhombendodekaëder, stark nach der kurzen Diagonale gestreift.

Optisch ergab ein Schnitt nach ∞O (110) (offenbar nahe der Mitte des Krystalls gelegen) sechs Sectoren, die nach den Seiten des Hexagons auslöschten. Im convergenten Lichte sah man, dass der Schnitt senkrecht zur ersten, positiven Mittellinie ging, $2E = 80°$ war und die Ebene der Axen senkrecht auf der sechsseitigen Fläche (perpendiculaire à la face de l'hexagone) stand. — Diese Beobachtung ist insofern ungenau,

als nur in zwei gegenüberliegenden Sectoren des Hexagons, nämlich in denen von Pinakoidbedeutung, die Verhältnisse so sein konnten. — Es sind ausserdem in jedem Sector noch zwillingsmässig auslöschende Streifen parallel den Hexagonseiten eingelagert.

Die Structur ist nach diesen Angaben dodekaëdrisch mit Hineigung zur Topazolithbildung. Die Autoren betrachten die Symmetrie als scheinbar rhombisch, in Wahrheit monoklin oder triklin.

In zwei Abhandlungen (23 und 24) discutirt F. Pockels 1889 und 1890 die durch einen einseitigen Druck hervorgebrachte Doppelbrechung regulärer Körper.

Aus der Reihe der zahlreichen Resultate sei hier nur hervorgehoben (weil es für die Deutung der Erscheinungen am Granat Bedeutung hat), dass unter einseitigem Druck die Würfel- und die Oktaëderflächen optisch einaxig, die Dodekaëderflächen dagegen zweiaxig werden. Nähert sich die Druckrichtung der Oktaëdernormale, so ändert sich der Axenwinkel unendlich schnell, so dass es praktisch unmöglich sein würde, einen regulären Krystall durch einseitigen Druck parallel einer Oktaëderfläche genau optisch einaxig zu machen.

Im Jahre 1890 veröffentlichte W. C. Brögger (25 S. 160 u. f.) seine Studien an südnorwegischen Granaten.

Das Vorkommen von Stokö ist ein brauner Kalkthoneisengranat von der Form ∞O (110) aus Gängen von Augitporphyr; ihm sehr ähnlich ist ein Vorkommen von Gudsfred in Eidanger bei Porsgrund, welches zunächst optisch untersucht wurde. Es ergab sich ein Wechsel zwischen wirksamen und nicht wirksamen Schichten, deren Anlage in Beziehung zu den Umgrenzungselementen stand, ähnlich dem Vorkommen von San Marco, was ich früher geprüft hatte. Das erstgenannte Vorkommen von Stokö wird mit dem nun folgenden zusammen betrachtet.

Dieses Vorkommen ist ebenfalls von Stokö, zeigt sich aber in schwarzgrünen Krystallen. Dieselben haben die Form ∞O (110) und sind, wie der Autor angibt, glattflächig gebildet, ohne Vicinalflächen und Streifung. Nichtsdestoweniger zeigt sich eine Verbindung der Dodekaëder- mit der Topazolithstructur und führt der Autor das Entstehen letzterer auf Differenzirungen bei der Verfestigung zurück.

Ein drittes Vorkommen von Stokö betrifft einen schwarzbraunen Kalkeisengranat, sogenannten Yttergranat. Er krystallisirt als $2O2$ (211), ∞O (110), oder als ∞O (110) allein. Dieses und andere Granatvorkommen von Arö oder den kleinen Inseln bei Arö, letztere Vorkommen als ∞O (110) gebildet, sind vollkommen isotrop.

Der Autor betont, dass alle optisch wirksamen Granaten solche sind, deren Vorkommen auf Gängen, Spalten oder bei der Contact-

metamorphose angetroffen werden, während die aus dem Gesteinsmagma heraus krystallisirten oder die allseitig begrenzten, in regionalmetamorphen Gesteinen gebildeten optisch isotrop sind. Er leitet das verschiedene Verhalten dieser beiden Gruppen von den verschiedenen Umständen bei der Bildung ab; sicherlich mögen dieselben verschieden gewirkt haben, sehr wesentlich wird jedoch auch der Einfluss der isomorphen Mischung gewesen sein.

A. Schmidt prüfte 1891 (26. S. 58) Almandine aus Süd-Australien und fand sie optisch isotrop.

Die theoretische Darlegung von A. Karnojitzky 1891 (27. S. 571 u. f.) behandelt die optischen Anomalien im Allgemeinen, im Besonderen die aus isomorphen Mischungen entstehenden und u. A. als Beispiel die des Granats. Wir werden uns daher hier mit dieser Arbeit zu beschäftigen haben. Dabei sei auch auf das sehr sachliche Referat über diese Arbeit von Brauns 1893 (35. S. 456 u. f.) hingewiesen.

Von den uns hier interessirenden Theilen der Arbeit möge zunächst der betrachtet werden, in welchem der Autor zwei Typen bei den optisch abnormen Krystallen unterscheidet.

Bei den Krystallen des ersten Typus (Granat, Beryll u. s. w.) existirt nach seiner Ansicht ein voller Einfluss der Begrenzungselemente auf die optische Structur.

Bei den Krystallen des zweiten Typus (Boracit, Leucit) fehlt derselbe. »Somit haben wir als einziges wesentliches Kennzeichen zur Unterscheidung der Stoffe des zweiten Typus das Fehlen eines unmittelbaren Einflusses der Begrenzungselemente.«

Ich erlaube mir hierzu zu bemerken, dass dieser Ausspruch nicht vollkommen zutreffend ist. Zugegeben muss werden, dass der betreffende Einfluss ein geringerer ist; sein völliges Fehlen muss ich bestreiten. Und zwar stütze ich diese Behauptung auf folgende Thatsachen.

Bei dem ungünstigeren Beispiel, dem Leucit, kommt als fast alleinige Form nur $2O2$ (211) vor. Der Einfluss der Begrenzungselemente verschiedener Formen lässt sich daher nicht beobachten. Ein Einfluss der Begrenzungselemente von Theilen ein und derselben Form tritt allerdings zurück. Es fügen sich aber in gewissen, bei den ausgeworfenen Leuciten in ausgezeichnetster Schönheit zu beobachtenden Gebilden, drei bez. sechs Krystalle nach den Ebenen von ∞O (110) zusammen, was offenbar, wie die Zwillingsbildung, mit der ganzen Anlage zusammenhängt. Fehlte die Zwillingsbildung, die die durch Änderung des Moleculargefüges entstehenden Differenzen im Inneren löst, so könnte leicht eine optische Gliederung nach den Einzeltheilen der einen vorhandenen Form vorkommen.

Der Boracit ist, was seine optische Structur anlangt, entweder aus zwölf Theilen oder aus deren sechs gebildet. Ersteres tritt ein, wenn $\infty O(110)$ vorliegt. Die Theile fügen sich nach den Ebenen von $\infty O(110)$ zusammen; letzteres beobachtet man bei den tetraëdrischen und gewissen würfelförmigen Ausbildungsweisen — in allen Fällen sind aber die Einzeltheile durch die Ebenen von $\infty O(110)$ von einander abgegrenzt, so dass dadurch, wie bei den complicirt zusammengesetzten Leuciten, ein gewisser Zusammenhang zwischen Form und optischen Eigenschaften besteht. Derselbe geht aber hier noch weiter: das Würfeleck von $\infty O(110)$ ist bei einem Schnitt nach $\infty O \infty (100)$ nicht gleich struirt, wenn eine natürliche Würfelfläche daran sitzt oder fehlt, das Octaëdereck von $\infty O(110)$ zeigt optisch bei einem Tetraëderschnitt ungleiches Verhalten, wenn eine natürliche Tetraëderfläche daran vorkommt oder nicht vorhanden ist u. s. w.

Alles dies sind gewisse Abhängigkeiten der optischen Feldertheilung von der Form. Es soll nicht verkannt werden, dass sie in einer loseren Beziehung zu derselben stehen, als bei den Krystallen der ersten Gruppe, sie fehlen aber keineswegs vollständig. — Was über die Constanz des Axenwinkels bei den Körpern des zweiten Typus gesagt wird, trifft auch für gewisse Krystalle des ersten Typus zu. So zeigen die optisch am vollkommensten gebauten Granaten des öfteren einen wahren inneren Axenwinkel von 90° und zwar mit grosser Constanz. Vergl. auch A. Lacroix 1894 (34, S. 212). Eine scharfe Grenze zwischen Krystallen des ersten und des zweiten Typus existirt in dieser Hinsicht also nicht, und das Fortschreiten der Untersuchungen wird sicher noch mehr, zur Zeit fehlende Mittelglieder nachweisen.

Was nun des Verfassers sonstige Ansichten anlangt, so nimmt er an, jede Substanz, die in den optisch anomalen Krystallen vorkommt, sei polymorph. Zuerst komme die am höchsten symmetrische Form zu Stande, dieselbe werde durch Polymerisation paramorphosirt. Diese Paramorphosirung habe gewisse Spannungen zur Folge, dieselben seien am schwächsten bei den Krystallen vom Typus des Boracit, stärker und Zwillingsbildungen veranlassend, z. B. beim Leucit, am stärksten, durch die isomorphe Mischung hervorgerufen und die Abhängigkeit der optischen Structur von der äusseren Begrenzung nach sich ziehend, beim Granat.

In seinem verdienstvollen Werke von 1891 (28) behandelt R. Brauns neben anderen Erörterungen die optischen Anomalien, die durch isomorphe Mischungen erzeugt werden, und u. A. auch den Granat.

In historischer Hinsicht wird zunächst constatirt, dass es Biot war, der zuerst fand, dass ammoniakhaltiger Alaun optisch wirksam

sei, aber auch hinzugefügt, dass Biot und seine Nachfolger, in den Anschauungen ihrer Zeit befangen, noch nicht zur vollen Klarheit kamen.

So war Brauns in gewissem Sinne berechtigt, auf S. 204 (28) zu schreiben:

»Wir haben gesehen, dass von Biot und nach ihm von mehreren anderen Forschern gelegentlich erwähnt wird, dass die anomalen Krystalle von Alaun isomorphe Mischungen gewesen seien, aber niemals ist von ihnen die Ansicht ausgesprochen und der Beweis geführt, dass optische Anomalie und isomorphe Beimischung in einem ursächlichen Zusammenhang stehen. Erst R. Brauns hat gezeigt, dass dies der Fall ist, dass von gewissen Substanzen die chemisch reinen Krystalle normal, die mit isomorpher Beimischung aber anomal sind, dass also die optischen Anomalien in diesen Fällen durch die isomorphe Beimischung hervorgerufen werden.« —

In der Wissenschaft geht es nun manchmal so, dass Fernerstehenden, nicht mit dem Detail der Einzeluntersuchungen Beschwerten, einzelne wichtige Momente klarer vor Augen treten als dem ersten Beobachter selbst. — So hat denn auch, gestützt auf die Arbeiten Biot's, Dufrénoy, Traité de Minéralogie. 1855. I S. 317, seiner Zeit schon Ansichten geäussert, die Hrn. Brauns, wie es scheint, unbekannt geblieben sind, die ihn aber, hätte er sie in Zeiten gekannt, wohl veranlasst haben müssten, seinen oben angeführten Ausspruch etwas zu modificiren.

Dufrénoy beschreibt unter der Überschrift eines Absatzes: »Expérience pour rendre plus sensible l'action, suivant une face« diesen Versuch, indem er dabei vom Alaun, nach Biot, angibt, dass:

1. bei normaler Incidenz des Lichts auf Platten, parallel O(111) keine Wirkung auf das Gypsblättchen zu beobachten sei,

2. eine Wirkung sich aber sofort bei schiefer Incidenz zeige.

Ein weiterer Absatz trägt die Überschrift: »L'alun sans ammoniaque n'agit pas.« Es heisst darin: »Cette seconde expérience montre l'influence du système lamellaire sur la propriété dépolarisante de l'alun; mais ce qui l'établit d'une manière encore plus précise, c'est la différence qui existe entre certains cristaux d'alun, dans leur aptitude à produire ces phénomènes, selon qu'ils contiennent ou qu'ils ne contiennent pas d'ammoniaque. Ainsi, les cristaux les plus nets d'alun préparés par M. Pelouze et entièrement exempts de cet alcali, sont complètement inactifs, même sur les lames de chaux sulfatée les plus sensibles; tandis que tous les petits cristaux d'alun ammoniacal, même ceux qui ne contiennent que six à sept millièmes de cette substance, donnaient des effets très pro-

noncés. Ce résultat et d'autant plus singulier que le sulfate de potasse et le sulfate d'ammoniaque sont isomorphes.«

Aus dieser Darstellung geht unzweifelhaft Folgendes hervor:

1. Die Gelehrten damaliger Zeit wussten, dass reiner Alaun und zwar Kalialaun, denn auf keinen anderen kann sich das Angeführte dem Sinne (vergl. Schluss) nach beziehen, optisch isotrop ist.

2. Sie erkannten schon damals in der Beimischung von Ammoniakalaun (bezw. Ammoniak in der Sprache der damaligen Zeit) das Bedingende für das Zustandekommen der optischen Wirksamkeit. Unter »alun ammoniacal« war aber Kaliammoniakalaun verstanden, wie auch aus dem Sinne des Satzes »même ceux qui ne contiennent que six à sept millièmes de cette substance« (d. h. Ammoniak) hervorgeht. Nothwendigerweise musste ein Alaun, der nur diese Verunreinigung enthielt, doch noch etwas Anderes als Hauptsubstanz enthalten haben und diese Substanz war Kali.[1]

Dufrénoy fährt überdies fort:

»Ainsi l'alun a pour composition un équivalent de sulfate d'alumine et vingt quatre équivalents d'eau, unis à un autre équivalent de sulfate de potasse, de sulfate d'ammoniaque ou des ces deux sulfates réunis. La présence d'une certaine quantité de sulfate d'ammoniaque qui n'a aucune action sur la forme en a probablement sur la texture.«

Hiermit ist schon bei Dufrénoy:

3. dargethan, dass es auf die Beimengung der einen Substanz zur anderen ankommt, um optische Wirkungen zu erzeugen. Freilich wird dabei noch angenommen — und dies ist der schwache Punkt der Darstellung — dass die Beimengung erst eine besondere Structur (lamellaren Bau) hervorrufe und diese dann wirke.

Abgesehen davon, dass wir auch heute noch nicht mit aller Sicherheit beweisen können, wie die isomorphe Mischung wirkt und was sie für eine Structur hervorruft und darüber nur höchstens mehr

---

[1] Nach meiner Ansicht waren sowohl Biot als auch Dufrénoy vollständig davon überzeugt, dass chemisch reiner Kalialaun optisch nicht wirksam sei, dagegen ammoniakhaltiger Kalialaun wirke, und beide Forscher haben dieser ihrer Überzeugung auch in ihren Schriften deutlich Ausdruck gegeben und sie durchaus nicht nur »gelegentlich erwähnt«. — Die Bemerkungen, welche Hr. Brauns 1891 (28. S. 20) macht, dienen auch nur dazu, diese Annahme zu bestätigen. Man sieht deshalb um so weniger ein, warum Hr. Brauns (a. a. O. S. 19) gesperrt druckt:

»Es ist nun sehr interessant, dass man aus den Angaben Biot's den Nachweis führen kann, dass die Krystalle, welche er zu seinen Untersuchungen benutzt hat, keine reinen Alaune waren, sondern Mischkrystalle von Kalialaun und Ammoniakalaun.«

Dieser Thatbestand ist selbstverständlich und war Biot völlig klar (und ebenso Dufrénoy). Über etwas, was ein Autor aber unzweideutig mittheilt (vergl. Biot, Polaris. lamellaire 1841 S. 562 u. f.), braucht doch ein anderer Autor fünfzig Jahre später keinen Nachweis zu führen.

oder weniger zulässige Annahmen zu machen im Stande sind, wusste man aber zu der genannten Zeit mit unzweifelhafter Sicherheit das, was Hr. Brauns sich selbst zuschreibt, gefunden zu haben, nämlich, »dass von gewissen Substanzen die chemisch reinen Krystalle normal, die mit isomorpher Beimischung aber anomal sind, dass also die optischen Anomalien in diesen Fällen durch die isomorphe Beimischung hervorgerufen werden.«

Die Sache kam aber, wie das so manchmal geht, nicht allen Forschern klar zum Bewusstsein und wurde jedenfalls später wieder völlig vergessen. — Hr. Brauns hat das Verdienst der Neuentdeckung und soliden Festigung der betreffenden Anschauung durch zahlreiche beweisende Experimente. Erst durch seine Arbeiten ist sie wissenschaftlich das geworden, was heute alle Einsichtigen ihr nachrühmen.

In weiterem Verlauf nimmt Brauns meine Untersuchungen an den diversen Hauptvorkommen des Granats auf und beanstandet (28. S. 249) beim ikositetraëdrischen Granat von Wilui meine Angaben über den Austritt von Barren auf Schliffen nach $\infty O \infty$ (100) und O (111). Ich habe dem gegenüber zu bemerken, dass die von mir angegebenen Erscheinungen richtig beobachtet sind und kein Grund zur Beanstandung vorhanden ist. Es liegt ein kleiner Axenwinkel vor, die Axenerscheinung nähert sich der Einaxigkeit. Es müssen daher Barren auf allen $2O2$ (211) anliegenden Flächen aus der Kantenzone des Oktaëders und aus der des Rhombendodekaëders auftreten; die auf ∞O (110) erscheinenden würden als Axenbarren zu bezeichnen sein, die anderen (normal zu diesen gedachten) als Barren schlechtweg. Ich habe bei meinen Angaben seiner Zeit diesen Unterschied nicht gemacht, da ich in Anbetracht der Lage der Axenebene (normal zur symmetrischen Diagonale von $2O2$ (211)) dies nicht für nöthig hielt.

Im Ferneren fasst Brauns (28. S. 253) die Bedeutung der einzelnen Flächen der Gestalten für das Zustandekommen der optischen Anomalien bei isomorpher Mischung zusammen und vermehrt die Beispiele, die ich kennen lehrte, durch das des Würfels und das des Pentagondodekaëders. Alle ordnen sich der schon von mir erkannten und im Eingang dieser Arbeit hervorgehobenen Regelmässigkeit unter, dass das entstehende optische Gebilde bedingt ist durch die jeweils vorhandene Form und die Symmetrie der Flächenbegrenzung derselben.

Unter Berücksichtigung aller ferneren Versuche, die gemacht wurden, um das Zustandekommen der optischen Erscheinungen im Einzelnen zu erklären, schreibt Brauns am Schlusse der isomorphen Mischung das Entstehen der optischen Anomalien zu.

Es resultiren aus dem Conflict dieser Mischungen Spannungen und dieselben bewirken jene Erscheinungen.

Unter Bezugnahme auf den von F. Becke, Ätzversuche am Fluorit. Tschermak's Min. u. petr. Mitth. N. Folge 1890 XI, S. 385 eingeführten Begriff der »Anwachskegel« spricht Brauns den Satz aus:

»Die durch isomorphe Beimischung in den optisch anomalen Krystallen auftretenden Kräfte ändern in den zu vorhandenen Krystallflächen gehörenden Anwachskegeln das optische Verhalten nach der geometrischen Symmetrie dieser Flächen.«

Unter der mit Recht zutreffenden Annahme, dass die Ursache der optischen Erscheinungen bei den optisch abnormen, isomorphen Mischkrystallen in der isomorphen Mischung und der Art ihrer Festigung zu suchen sei; spricht dieser Satz das kurz aus, was die gesammten Einzelbeobachtungen seither erwiesen haben.

In einer Abhandlung vom Jahre 1891 untersucht Ér. Mallard (29. S. 293 u. f.) den sogenannten Pyrenäit, dass heisst den Kalkthongranat vom Pic Eres Lids in den Pyrenäen. Derselbe krystallisirt in Dodekaëdern, ist optisch wirksam und von verhältnissmässig einheitlicher Bildung der zwölf Anwachspyramiden, in die $\infty O(110)$ zerfällt.

Nach den Bestimmungen von Mallard steht in einem Dodekaëderschliff, nahe der Krystallmitte entnommen, die zweite Mittellinie senkrecht auf dem Centralfeld, die erste jeweils senkrecht auf den dreieckigen Randfeldern. Die erste Mittellinie coincidirt mit der Axe der kleinsten, die zweite mit der der grössten Elasticität; der Krystall ist also optisch positiv.

Nach einem bei der optischen Untersuchung des Boracits gelehrten Verfahren (Bulletin de la Soc. Min. de France 1883 VI, S. 129 u. f) bestimmte Mallard:

$\alpha - \gamma = 0.00270$ am Würfelschliff,
$\alpha - \beta = 0.00210$ am Dodekaëderschliff (Centraltheil),
$\beta - \gamma = 0.00061$ am Dodekaëderschliff (Seitentheile von Pinakoidbedeutung)

und leitet hieraus:

$$V = 28° 8' \text{ ab.}$$

Direct gemessen hatte er $2H = 60°$ in einer Substanz vom Brechungsexponenten 1.658 (wahrscheinlich war diese nicht näher bezeichnete Substanz Monobromnaphtalin). Hieraus und aus dem nebenher bestimmten Brechungsexponenten β der Substanz $= 1.74$ berechnet er

$$V = 28° 2'.5$$

also eine sehr befriedigende Übereinstimmung.

Mallard erachtet auf Grund der von ihm klargelegten Structur und obiger Thatsachen, die in der That einen rhombischen Bau der

Anwachspyramiden offenbaren, wenn man die Differenzen innerhalb der Sectoren unberücksichtigt lässt, meine und die Brauns'sche Anschauung für widerlegt. — Wie Brauns 1892 (30. S. 218 u. f.) inzwischen zutreffend hervorgehoben hat, ist dieser Schluss unzulässig, vielmehr bestätigt dieses Beispiel, was die Structur und die aus derselben gezogenen Folgerungen anlangt, auf's Beste unsere Ansicht und war durch dieselbe das, was sich in der Anlage der Felder erwiesen hat, sogar im Voraus zu erwarten.

Die neue Auflage der Dana'schen Mineralogie von 1892 (31. S. 439) berücksichtigt am Granat neben Erwähnung der Forschungen Brewster's, sowie der Ansichten Mallard's und Bertrand's die von mir festgestellten Thatsachen und die erkannte Abhängigkeit der optischen Structur von den Umgrenzungselementen und geht daneben auf die von Brögger ausgesprochene (weiter oben mitgetheilte) Ansicht ein.

In einer Abhandlung vom Jahre 1892 versucht F. Pockels (32) zwischen den beiden Hauptannahmen über die Constitution isomorpher Mischungen zu entscheiden.

Der einen zufolge sollen sich bekanntlich in dem dem Mischkrystall entsprechenden regelmässigen Punktsystem in regelloser Vertheilung Molecüle der verschiedenen gemischten Substanzen befinden.

Nach der anderen ist, wie es Mallard will, ein Mischkrystall aus sehr dünnen Schichten der verschiedenen, ihn zusammensetzenden, isomorph krystallisirten Substanzen aufgebaut.

Die auf die vorhandenen Beobachtungen gegründete Discussion findet zum Theil eine gewisse Übereinstimmung zwischen den Theorien und den Beobachtungen, zum Theil aber auch nicht. F. Pockels ist der Ansicht, dass zur Zeit noch nicht hinlänglich genaue Beobachtungen vorhanden seien, um sich zu Gunsten der einen oder der anderen Annahme entscheiden zu können.

In einer ferneren Abhandlung vom Jahre 1892 studirt F. Pockels die Änderung des optischen Verhaltens von Alaun und Bergkrystall durch einseitigen Druck (33). Unter den vielen wichtigen Resultaten sei besonders hervorgehoben (S. 254), dass zur Erzeugung der optischen Anomalien von Ammoniak-Kalialaun im festen Zustande Pockels einen Druck von 5625^g für den qmm berechnet, dabei aber zugibt, dass im Zustande der Verfestigung wohl ein sehr viel geringerer Druck genügt haben dürfte. Pockels kommt zu dem Schlusse, »dass unbekannte Molecularkräfte beim Krystallwachsthum geringfügige Störungen der normalen Krystallstructur veranlassen, welche sich durch die anomale Doppelbrechung verrathen, während sie andere, weniger empfindliche physikalische Eigenschaften nicht merklich beeinflussen.

Das vortrefflich angelegte Werk von Alfr. Lacroix vom Jahre 1893 (34. S. 206 u. f.) ist bezüglich des Granats in seiner Darstellung nicht überall objectiv.

Zunächst wird unter denen, die die optischen Abnormitäten am Granat erkannt haben, nur Des-Cloizeaux genannt. Es ist unbestritten, dass, wenn nur ein Name hier genannt werden soll, dies Brewster sein muss.

Dann wird auf die späteren Arbeiten eingegangen. Eine Discussion der Ansichten soll zwar nicht erfolgen (34. S. 208), doch hält Verfasser auf Grund der neueren Mallard'schen Forschungen dafür, dass dieser Gelehrte entscheidende Argumente zu Gunsten seiner Theorie beigebracht habe, vergl. auch a. o. O. S. 215.

Ich darf vielleicht zur Beleuchtung des inneren Widerspruchs, in dem sich die Ansichten des Hrn. Mallard befinden, anführen — zumal die Tragweite Hrn. Lacroix, trotz der Anführung auf S. 209 und 210 (34), entgangen zu sein scheint — dass Hr. Mallard, indem er ausspricht (29. S. 301)

»En disant que la Pyrénéite est un cristal rhombique, on n'énonce donc pas une hypothèse, on ne fait que traduire rigoureusement, sans y rien ajouter, les faits expérimentaux.«

doch wohl besonderen Werth darauf legen will, in dem Pyrenäit einen Complex von sechs **rhombischen** Krystallen demonstrirt zu haben.

Wie passt es dazu, wenn er unmittelbar darauf, auf Grund der Beobachtungen, gezwungen ist zu erklären, die Symmetrie sei **nur scheinbar rhombisch** und in Wahrheit niedriger? (29. S. 301. 302) Und wie sieht es aus, wenn er einige Seiten später (S. 306) wieder von der rhombischen Symmetrie der betreffenden Krystalle spricht?

Kehren wir danach zu Hrn. Lacroix zurück. Er unterscheidet drei Typen bei den französischen Granaten:

1. Type pyrénéite
2. Type topazolite
3. Type aplome.

Zu dem ersten rechnet er die best untersuchten Vorkommen von den Pyrenäen, von Senet in Aragonien, von Framont, von Pouzac. Der Topazolithtypus wird in der Einleitung ohne Beispiel gelassen und nur zur Erklärung der vom Dodekaëdertypus abweichenden Erscheinungen in den Schliffen der genannten Vorkommen herangezogen. Ebenso wird der Aplomtypus betrachtet, da der ihm eigene Wechsel von isophanen und optisch wirksamen Schichten auch bei Krystallen vorkommt, die nach anderen Typen gebaut sind.

In der Hauptsache kann man alle bei Lacroix näher studirten und in der Einleitung besonders aufgeführten Vorkommen als solche ansehen, bei denen die Dodekaëderstructur vorherrschend ist, untergeordnet aber Topazolithstructur und Zonenbildung vorkommen.

Ähnlich stellen sich die im Texte weiter genannten Vorkommen dar. Lacroix macht mit Recht darauf aufmerksam, dass hauptsächlich die Kalkgranaten die optisch wirksamen sind (34. S. 207) und hält es für Erfolg versprechend (S. 216), die Beziehungen zwischen der chemischen Constitution und den optischen Eigenschaften bei den Granaten, wie es bei den Feldspathen geschehen ist, zu studiren.

Das Lehrbuch der Petrographie von Zirkel 1893 I (36. S. 361 u. f.) steht bezüglich des Granats auf demselben Standpunkt wie des Verfassers Lehrbuch der Mineralogie. Eingehender wird in dem Werke von 1893 der Granat nicht behandelt, weil daselbst nur die petrographisch wichtigen Mineralien zur Sprache kommen, doch wird alles Wichtigere in dieser Hinsicht und seither Bekanntgewordene nachgetragen.

F. Becke bringt 1894 einen im Jahre 1892 gehaltenen Vortrag zum Druck: »Der Aufbau der Krystalle aus Anwachskegeln« (37).

Über die zweckmässige Vertauschung des Wortes »Anwachskegel« durch den schon von Becke in Aussicht genommenen Ausdruck: »Anwachspyramide« habe ich mich im Eingang dieser Arbeit geäussert. Verfasser geht (37. S. 10 u. f.) auch auf die Beziehung dieser Anwachspyramiden zu den optischen Anomalien ein und nimmt die von Brauns (28. S. 253 u. 254) entwickelte Darstellung auf. Dass diese Darstellung eine weitere Entwickelung der Anschauungen ist, die ich zuerst bestimmt ausgesprochen habe, und nicht ganz unwesentlich auf dem fusst, was F. Pockels inzwischen festgestellt hat, wird nicht erwähnt und das alleinige Verdienst Hrn. Brauns zugeschrieben, was dieser selbst (28. S. 253–258) gar nicht für sich allein in Anspruch nimmt. Solche Darstellungen von sonst berufener Seite sind jedenfalls nicht im Interesse der historischen Wahrheit. Im Übrigen sind die Ausführungen Becke's, auch seine nunmehrigen Ansichten über gewisse optische Anomalien (37. S. 11–13) von Interesse; der Hinweis aber, dass zur Erklärung der Anomalien bei isomorphen Gemischen die Elasticitätsverhältnisse der betreffenden Körper, zumal nach ihren verschiedenen Flächen, nicht zu vernachlässigen seien, ist durch die Pockels'schen Arbeiten von 1889 und 1890 (23, 24) überholt.

Die letzte der hier in Betracht kommenden Arbeiten ist die kürzlich erschienene von E. Weinschenk 1894 (38. S. 553). Er fand an kleinen dodekaëdrischen Topazolithkrystallen die Erscheinungen der danach benannten Structur wieder. Ob die Krystalle glatt oder poly-

ëdrisch geknickt waren, wird nicht angegeben und nur gesagt, der optische Befund entspräche meinen Angaben.

Fasst man das zusammen, was im Vorstehenden mitgetheilt ist, so sieht man, dass die Mehrzahl der Forscher der von mir ausgesprochenen Ansicht über die secundäre Natur der optischen Erscheinungen am Granat zustimmt und dass von keiner Seite, auch nicht von der der entschiedensten Gegner, Thatsachen erbracht sind, welche mit diesen Ansichten im Widerspruch stünden. Alles Beobachtete deutet vielmehr darauf hin, dass die betreffenden Anomalien nicht in erster Linie an die chemische Constitution geknüpft sind und abhängig sind von den jeweiligen Begrenzungselementen der Krystalle. Hervorgerufen werden sie, wie Biot zuerst geltend machte und Brauns des Näheren nachwies, durch den Conflict der isomorphen Mischungen, der dann auch, nach Brauns, den verschiedenen optischen Charakter der einzelnen Zonen, unter Umständen auch ihre Isotropie erklärt.

2. Resultate neuerer Untersuchungen.

Diese letzteren wurden im Wesentlichen an Vorkommen angestellt, die ich schon in meiner Arbeit vom Jahre 1882 untersucht hatte. Es stand mir aber jetzt ein sehr viel reicheres Beobachtungsmaterial als früher zu Gebote, so dass wichtige Ergebnisse noch erlangt werden konnten. In der Hauptsache kommen von Kalkthongranaten die von Wilui, von Kalkeisengranaten, die der sächsischen Erzlagerstätten: Breitenbrunn und Schwarzenberg, sowie die von Sala in Schweden in Betracht.

Bei allen mikroskopischen Untersuchungen ist die kleinere Elasticitätsaxe des anzuwendenden Gypsblättchens vom Roth I. Ordnung, wie die Schneide des etwa in Betracht kommenden Keils gelegt und beide verlaufen von vorn links nach hinten rechts.

A. Kalkthongranate.

a. Kalkthongranat von Wilui.

Nach meinen früheren Untersuchungen macht es einen Unterschied in der optischen Structur aus, ob die Granaten in der Form von $2O2$ (211) oder ∞O (110) krystallisiren.

Meine neueren Untersuchungen[1] lassen erkennen, dass, wenn reine

[1] Bei zersetzten Granaten dieser Vorkommen fand ich nicht selten Kalkspath, sphärolithisch gebildet, eingelagert und im parallelen polarisirten Lichte das Interferenz-

$2O2(211)$ vorliegen, der Aufbau noch ein mehrfach verschiedener sein kann, grosse Verschiedenheit eintritt, wenn $2O2(211)$ vorherrschend und $\infty O(110)$ untergeordnet ist oder umgekehrt und endlich die reinen $\infty O(110)$ ihre besondere Structur besitzen.

a. Krystalle von der Form $2O2(211)$.

Einen Typus davon habe ich bereits früher beschrieben. Er ist mir jetzt seltener entgegen getreten; ich werde ihn den ersten und den damit in Vergleich zu setzenden den zweiten nennen. Ausser diesen beiden Typen kommen auch Krystalle vor, bei denen zonenweise Wirkung und Nichtwirkung auf das polarisirte Licht eintritt. Man könnte von ihnen als einer dritten Ausbildungsweise reden.

In Schliffen nach $\infty O\infty(100)$ verhalten sich Typus I und II nahezu gleich. Ist der Schliff von peripherer Lage, so stellt er ein Quadrat dar. Wird eine Seite desselben parallel, eine dazu normale senkrecht zur Polarisationsebene des unteren Nicols gestellt, so löscht der Schliff aus.[1] Wird ein Eck desselben nach vorn gerichtet, so zeigt das Präparat zwischen gekreuzten Nicols und mit dem Gypsblättchen geprüft Viertheilung nach den Ecken und die Farbe steigt in den Sectoren durch die die kleinere Elasticitätsaxe MM' des Gypsblättchens geht. Dadurch ist zu ersehen, dass in der Plattenebene die kleinere Elasticitätsaxe normal zur Randkante liegt.

Rückt der Schliff mehr nach dem Centrum zu, so beobachtet man in der Hauptsache alle die früher geschilderten Erscheinungen. (1882 u. 1883 Fig. 26, 26a).

Im convergenten Lichte beobachtet man in jedem Sector den Austritt einer Barre, die sich in der Stellung des Präparats: Quadratseite von links nach rechts, bez. von vorn nach hinten gehend, normal zur äusseren Begrenzung einstellt.

In Schliffen nach $\infty O(110)$ ist ebenfalls bei beiden Typen eine grosse Ähnlichkeit vorhanden. Zunächst erweist sich der einen Rhombus darstellende, periphere Schliff in beiden Fällen viergetheilt nach den Ecken. Fallen die Diagonalen des Schliffs mit den Polarisationsebenen der gekreuzten Nicols zusammen, so färben sich, mit dem Gyps-

---

kreuz mit den Ringen zeigend. — Diese Erscheinung muss fernerhin als das Wᴇʙsky-Bᴇrtrand'sche Interferenzkreuz aufgeführt werden, da Wᴇʙsky lange vor Fouqué, Bᴇrtrand und Mᴀllard die Erscheinung erkannte und vollkommen richtig deutete, vergl. M. Wᴇʙsky. Über die Krystallstructur des Serpentins und einiger demselben zuzurechnenden Fossilien. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1858 Bd. X. S. 288.

[1] Hierbei und in der Folge sind secundäre Differenzirungen innerhalb eines Flächenfeldes nicht in Betracht gezogen.

blättchen untersucht, die Felder hinten rechts und vorn links gelb, die anderen blau. Es liegt also in der Plattenebene die grössere Elasticitätsaxe im Sinne der Normalen zur äusseren Begrenzung.

Während aber bei Typus I Normale zur äusseren Begrenzung und grössere Elasticitätsaxe, wie die Beobachtung der Auslöschungsrichtung lehrt, genau zusammenfallen, weichen grössere Elasticitätsaxe und Auslöschungsrichtung bei Typus II von der Normalen zur äusseren Begrenzung um etwa 18° bis 20° ab, so dass mit der langen Rhombendiagonale, nicht wie bei Typus I ein Winkel von 54° 44', sondern ein solcher von 36° 44' bis 34° 44' gebildet wird. Der wenig einheitlichen Auslöschung wegen sind alle diese Werthe nur als erste Annäherungen zu betrachten.

Dementsprechend stellt sich im convergenten Licht bei Typus I auf jedem Sector eine Barre normal, bei Typus II schief zur äusseren Begrenzung ein.

Deutet dieses Verhältniss nun schon darauf hin, dass die Lage der Elasticitätsaxen in den Krystallen der beiden Typen Verschiedenheiten aufweist, so lehren die folgenden Schliffserien diese selbst erkennen.

Ehe dazu übergegangen werden soll, mag noch bemerkt werden, dass die dem Centrum genäherten Schliffe parallel ∞O (110) aus Krystallen beider Typen genommen und mit dem Gypsblättchen geprüft, sich recht ähnlich sind. Dasselbe ist ja, wie bekannt, wenig empfindlich gegen kleine Winkeldifferenzen in der Lage der Elasticitätsaxen, wenn nur der Sinn der Lage derselbe ist.

In Schliffen nach $2O2$ (211) findet bei beiden Typen Auslöschung senkrecht und parallel zur symmetrischen Diagonale der Deltoide statt. Kommt besagte Diagonale mit MM' des Gypsblättchens zur Coincidenz, so steigt die Farbe; im Sinne der Diagonale liegt also in der Plattenebene die kleinere Elasticitätsaxe.

Im convergenten Lichte zeigt der Typus I, dass die erste Mittellinie des meist kleinen, öfters von Null wenig verschiedenen Axenwinkels nahezu mit der Flächennormale zusammenfällt. Die Ebene der optischen Axen steht normal zur symmetrischen Diagonale. Der Charakter der auf der Fläche von $2O2$ (211) fast normalen (ersten) Mittellinie ist positiv. (Prüfung hier und im folgenden Falle mit dem Gypsblättchen zur Controlle.)

Die Krystalle des Typus II zeigen, dass die Ebene der optischen Axen ebenfalls noch normal zur symmetrischen Diagonale liegt, dass aber die positive Mittellinie[1] des sehr viel grösser gewordenen Axen-

[1] Da bei der hier und in ähnlichen Fällen oftmals zu beobachtenden schwachen Doppelbrechung es schwer hält, den Axenwinkel zu messen — ja manch' Mal sogar

winkels im Dodekaëderhauptschnitt und zwar nach der Normalen zur Oktaëderfläche zu von der Normalen zur 2 O 2 (211) Fläche ab neigt.

In beiden Fällen ist die Normale zur symmetrischen Diagonale die Spur der Axe grösster Elasticität. Die Farbe muss daher fallen, wenn jene mit MM' des Gypsblättchens coincidirt und steigen, wie es die Versuche lehren, wenn die symmetrische Diagonale selbst mit MM' des Gypsblättchens zusammenfällt.

Prüft man endlich noch Schliffe nach O (111), so zeigen sie bei beiden Typen Dreitheilung nach den Ecken. Die Auslöschungen erfolgen bei beiden Typen senkrecht und parallel zu den umgrenzenden Dreiecksseiten. Kommt eine solche mit MM' des Gypsblättchens zur Coincidenz, so wird das ihr anliegende Feld gelb. Es liegt also die grössere Elasticitätsaxenspur in der Plattenebene wie die Dreiecksseite.

Im convergenten Licht tritt bei den Platten aus Krystallen des Typus I auf jedem Dreiecksfelde eine Barre aus, die sich in dem betreffenden Sector senkrecht zur Dreiecksseite stellt, wenn diese einem Nicolhauptschnitt parallel geht.

Bei den Krystallen des Typus II erscheint in jedem Sector das Axenbild um eine positive Mittellinie; die Axenebene, die um jene einen meist grossen Axenwinkel enthält, steht jeweils parallel zur äusseren Umgrenzung des betreffenden Sectors.

Wir haben also bei äusserlich völlig sich gleichenden Krystallen, offenbar in Folge der etwas verschiedenen chemischen Zusammensetzung, zwei differente Anlagen im optischen Sinne. Beide verlangen aber zu ihrer Erklärung das monokline System.

Jedoch liegen die Verhältnisse so, dass bei Typus I ein Grenzfall nach dem rhombischen System hin stattfindet, während bei Typus II der Habitus exquisiter monoklin ist.

Bei Typus I spielt die 2 O 2 (211) Fläche die einer solchen aus der Zone der Orthodiagonale, eine gleiche Rolle haben die anliegenden Theilflächen von ∞ O ∞ (100) und O (111). Die anliegenden Theilflächen von ∞ O (110) spielen die Rollen monokliner Paare. Geben wir nun der 2 O 2 (211) Fläche die Bedeutung einer monoklinen, schiefen Basis, so sind die Verhältnisse noch in so fern denen des rhombischen Systems genähert, als die Spur der Axenebene in die

---

die Bestimmung der Lage der Axenebene schwierig wird — so soll nicht mehr von dem positiven Charakter des Krystalls (erste Mittellinie coincidirend mit c), sondern nur von dem positiven Charakter der Mittellinie (coincidirend mit c, einerlei aber, ob erste oder zweite) die Rede sein.

Normale zur symmetrischen Diagonale = Axe a fällt und die Normale zur Krystallfläche sehr annähernd mit c coincidirt.

Hieraus erklärt sich alles das, was bei Typus I vorkommt.

Im Würfelschliff des Typus I muss in jedem Sector ein Fallen der Farbe eintreten, wenn die äussere Umgrenzung mit MM' des Gypsblättchens coincidirt, denn besagte Richtung geht parallel der Spur der grösseren Elasticitätsaxe. Auslöschung muss senkrecht und parallel der äusseren Umgrenzung eines jeden Feldes statthaben, denn letztere ist der Projection der Axe der Symmetrie parallel. Die im convergenten Lichte senkrecht zur äusseren Umgrenzung eines jeden Sectors erscheinende Barre ist keine Axenbarre, sondern eine der Barren, die zu den Axenbarren normal stehen.

Dieselben Verhältnisse stellen sich ein bei dem Oktaëderschliff des Typus I, der in dem betreffenden Sector auch eine Fläche aus der Zone der Axe der Symmetrie darstellt. Namentlich ist auch hier die normal zur äusseren Begrenzung eines jeden Feldes im convergenten Lichte erscheinende Barre keine Axenbarre, sondern die andere der Barren, die zu den Axenbarren normal stehen.

Der Dodekaëderschliff des Typus I entspricht einer Fläche eines monoklinen Paares. Da aber die optischen Elasticitätsaxen noch fast wie im rhombischen Systeme liegen, so wird Orientirung der Auslöschungsrichtungen zu den äusseren Begrenzungen eines jeden Sectors die Folge sein, fernerhin entsprechender, zur äusseren Begrenzung normaler Austritt einer wirklichen Axenbarre und Fallen der Farbe, wenn die Normale zur äusseren Begrenzung mit MM' des Gypsblättchens coincidirt.

Bei den Krystallen des Typus II gilt für den Würfelschliff im Wesentlichen dasselbe, was für den Typus I Platz griff.

Der Oktaëderschliff verhält sich auf Auslöschung und mit dem Gypsblättchen geprüft auch recht ähnlich dem des Typus I, dagegen ergibt sich im convergenten Licht, dass die positive Mittellinie eines nicht unbeträchtlich grossen Axenwinkels nahezu senkrecht zur Fläche selbst steht und die Axenebene (Spur der negativen Mittellinie und grössten Elasticitätsaxe a) mit der äusseren Umgrenzung parallel geht. Kommt daher diese, der grössten Elasticitätsaxe a entsprechend, in dieselbe Lage, wie MM' des Gypsblättchens, so fällt die Farbe.

Im Schliff nach 2O2(211) beobachtet man, was Auslöschungslage und Gefärbtwerden unter dem Gypsblättchen anlangt, dieselben Verhältnisse wie bei den Krystallen des ersten Typus, nur steht, im convergenten Lichte geprüft, die positive Mittellinie des ziemlich grossen Axenwinkels jetzt sehr schief auf der Fläche und neigt nach der Normalen zur Oktaëderfläche zu.

Alle Schliffe entsprechen aber bis jetzt solchen, die man aus einem monoklinen Gebilde, nach Flächen aus der Zone der Axe *b* entnommen, haben könnte.

Dagegen entsprechen die Dodekaëderschliffe monoklinen Paaren und es steht bei ihnen die Auslöschungsrichtung schief zur äusseren Begrenzung, desgleichen stellt sich auf jedem Felde die Axenbarre schief dazu ein und nur die Färbung unter dem Gypsblättchen bleibt den Krystallen des I. Typus ähnlich, weil auch hier die Spur der grösseren Elasticitätsaxe dem Sinne nach noch auf die äussere Umgrenzung zu verläuft, wenngleich sie dazu nicht mehr normal ist.

Als Anhang wären diesen beiden Typen noch Krystalle hinzuzufügen, die einen zonaren Wechsel zwischen wirksamen und nahezu isotropen Zonen zeigen. Es ist anzunehmen, dass bei sonst gleich bleibender äusserer Form 2 O 2 (2 1 1) die differente Structur durch einen Wechsel in der chemischen Zusammensetzung bedingt ist.

β. Krystalle von der Form ∞O (1 1 0).

Dieselben habe ich in meinen früheren Mittheilungen bereits genügend geschildert. Ist die Krystallgestalt ∞O (1 1 0) ganz rein, ohne andere Flächen, auch ohne Flächenstreifung, so trifft man Gebilde an, die zwar im Allgemeinen schwach auf das Licht wirken, aber doch in der optischen Structur dem Typus der Dodekaëder von Auerbach und Jordansmühl entsprechen. Bei dieser Dodekaëderstructur findet, wie bekannt, Zweiaxigkeit statt, und es steht die negative Mittellinie der optischen Axen normal auf der Dodekaëderfläche, während die Axenebene in die lange Rhombendiagonale fällt.

Man erkennt also, dass bei den selbständigen 2 O 2 (2 1 1) die positive Mittellinie nahezu normal oder schief zur vorherrschenden Krystallfläche, immer wie es ein monoklines Gebilde fordert, steht, während bei den selbständigen ∞O (1 1 0), die von rhombischem Charakter sind, die negative Mittellinie normal zur herrschenden Krystallfläche ist.

Interessant ist nun das Studium der:

γ. Krystalle von der vorherrschenden Form 2O2 (2 1 1) mit untergeordnetem ∞O (1 1 0).

Diesen lehrreichen Gebilden hatte ich schon in meiner ersten Arbeit nachgespürt (1882 S. 519; 1883 S. 130); ich konnte aber damals wegen Unvollkommenheit des Materials und mangelhafter Wirkung im optischen Sinne nicht zum Ziele kommen.

Heute, bei der Untersuchung vermehrten Materials, zeigt es sich, dass neben der Ikositetraëderstructur, die z. B. nach den Regeln des Typus II verläuft, eine Dodekaëderstructur hergeht, die sich auf die

kleinen Flächen von ∞O (110) beschränkt und bei deren näherer Prüfung man erkennt, dass diese Flächen einer rhombischen Anwachspyramide entsprechen, die ihre Basisfläche in der Krystallfläche und ihre Spitze im Krystallmittelpunkt hat. Auch hier findet auf der Fläche von ∞O (110) Zweiaxigkeit statt, auch hier fällt die Ebene der optischen Axen in die lange Rhombendiagonale; während aber bei den reinen Rhombendodekaëdern der Charakter der zur Dodekaëderfläche normalen Mittellinie **negativ** war, ist er hier **positiv**, übereinstimmend erkannt durch directe Beobachtung des Axenbildes[1] und durch die Untersuchung im parallelen, polarisirten Lichte. Denn während bei den Granaten von Auerbach, Jordansmühl und Wilui von der Form ∞O (110) die Farbe steigt, wenn die lange Diagonale des Rhombus in einem Schnitte parallel ∞O (110) mit MM′ des Gypsblättchens coincidirt, tritt hier das Umgekehrte ein. Bringt man in einem peripheren Schliffe nach ∞O (110) die lange Diagonale des centralen Rhombus mit MM′ zur Coincidenz, so fällt die Farbe. Es folgt daraus, dass die lange Diagonale grosse Elasticitätsaxe a ist, weiterhin wird, da die Axenebene in die lange Diagonale fällt, die auf der Schnittfläche normale Mittellinie, coincidirend mit der Axe der kleinsten Elasticität c, von positivem Charakter.

Man sieht also wie das dominirende optische Gebilde $2O2$ (211) dem untergeordneten ∞O (110) seine optische Orientirung aufgezwungen hat, soweit dies nach Maassgabe der Form möglich war.

Mineralogisch tritt aber das interessante und für den Granat neue Resultat hervor, dass nicht nur, wie schon bekannt, Körper verschiedener Form verschieden optisch gestaltet sind, sondern, dass in ein und demselben Körper, je nach den Flächen, ihrer Symmetrie und ihrer Lage verschiedenes System statthat, **dass also Theile ein und desselben Krystalls monoklin, andere Theile rhombisch sind.**

Diese interessante Thatsache hat ihr Analogon in den von Brauns 1891 (28 S. 223–226) gemachten Beobachtungen und ist bezüglich der Feldertheilung schon länger bekannt von den brasilianischen Topasen her, bei denen das Mittelfeld noch rhombisch ist, die Nebenfelder aber von niederer Symmetrie sind. Auch der Jeremejewit, sofern er als optisch abnorm angesehen wird, wäre hier zu vergleichen.

Auf alle Fälle dient aber diese neue Beobachtung am Granat dazu die **secundäre Natur der hier vorkommenden optischen Eigenschaften**

[1] Man thut hier und in den Fällen, in denen man sehr schwache Doppelbrechung zu untersuchen hat, namentlich bei Beobachtungen im convergenten polarisirten Lichte, gut, sich zuerst zu überzeugen, ob die Linsen der Objective nicht selbst schon etwas doppelbrechend sind. Dies kann unter Umständen sehr verwirrend und störend wirken.

über allen Zweifel zu stellen, sofern man nicht annehmen will, dass in einem und demselben Krystallgebäude verschiedene Systeme je nach der Symmetrie der Flächen ursprünglich zum Aufbau beigetragen haben.

δ. Krystalle von der Form $2O2$ (211) mit grösseren ∞O (110) Flächen; oder ∞O (110) mit grösseren $2O2$ (211) Flächen; oder von der Form ∞O (110), nach den Kanten gestreift.

Bei Krystallen, die, wie vorstehend benannt, gebildet sind, kommt die Ikositetraëderstructur mit der des Rhombendodekaëders in Conflict. Wie ich schon in meinen früheren Arbeiten schilderte, unterdrückt die Ikositetraëderstructur meist die andere, die sich indessen dem Kenner immer noch in Andeutungen darbietet. Öfters sind dieselben am Rande der Krystalle zu bemerken, die ihnen zugehörigen Felder entbehren aber meist der Einheitlichkeit und sehen wie auseinander gesprengt aus.

b. Kalkthongranate von der Dominsel bei Breslau und von Xalostoc, District Cuautla im Staate Morelos, Mexico.

Über das erste Vorkommen und seine Zugehörigkeit zum Kalkthongranat berichtet C. Hintze 1889 (21. S. 53), das letztere Vorkommen hat C. F. de Landero (Amer. Journ. Sc. 1891, 41. S. 321, Ref. Zeitschr. f. Kryst. 1893, B. 22. S. 410) besonders in chemischer Hinsicht behandelt. Danach ist der Bestand: $SiO^2 = 40.64$; $Al^2O^3 = 21.48$; $Fe^2O^3 = 1.57$; $CaO = 35.38$; $MgO = 0.75$; Unlösl. $= 0.17$; Summa $= 99.99$. Hieraus folgt die Formel:

$$(Ca, Mg)^3 (Al^2, Fe^2) Si^3O^{12}.$$

Beide Vorkommen kommen als ∞O (110) im Wesentlichen vor, verhalten sich optisch übereinstimmend, wirken aber sehr schwach auf das polarisirte Licht.

Zu einer sehr deutlichen Feldertheilung kommt es bei beiden Vorkommen nicht; wenn erstere in Andeutungen vorhanden ist, so ist sie, mit dem Gypsblättchen geprüft, im Oktaëderschliff am deutlichsten, danach folgt der Dodekaëder- und endlich der Würfelschliff, an dem sie im besten Falle wie ein Hauch zu sehen ist. Die Farbenvertheilung folgt den bei den Granaten von Auerbach und Jordansmühl gegebenen Regeln, weshalb auch die Elasticitätsaxenanlage wohl die gleiche wie bei diesen ist.

Sehr viel gewöhnlicher als Feldertheilung sieht man die Schliffpartien in schwach auf das polarisirte Licht wirkende Streifensysteme zerfällt. Dieselben gehen in den Würfelschnitten parallel den Diagonalen der Quadrate, stehen in den Oktaëderschliffen senkrecht zur äusseren

dreiseitigen Begrenzung und heben dadurch auch die sonst hervortretende Dreitheilung ab; in den Dodekaëderschliffen verlaufen sie parallel zu den Umgrenzungselementen, die einen Rhombus darstellen. Im mexikanischen Vorkommen heben sich die Lamellen deutlicher heraus als im schlesischen.

B. Kalkeisengranate.

a. Kalkeisengranate von Breitenbrunn und Schwarzenberg in Sachsen.

In meinen Publicationen von 1882 und 1883 habe ich das optische Verhalten der in Rede stehenden Vorkommen genau geschildert. Meine Hauptaufgabe war jetzt zu ermitteln, ob der dort schon bemerkte Umschlag in dem Charakter der Doppelbrechung häufiger als früher beobachtet auftrete.

Dies ist in der That nach meinen neueren Beobachtungen der Fall. Es wurden in der Hauptsache braungelbe Granaten von der Form $\infty O(110)$, meist deutlich nach der kürzeren Diagonale gestreift, nach $\infty O(110)$ durchschnitten und untersucht.

Da liess sich denn in zahlreichen Praeparaten erkennen, dass nicht nur die Bauweise vorkam, bei der der Krystall erstmals ein Dodekaëder war, dann Ikositetraëder wurde, um schliesslich wieder Dodekaëder zu werden, sondern dass auch ein Mal das centrale Dodekaëder von der Anlage der Dodekaëder von Auerbach war (negative Mittellinie der optischen Axen normal zur $\infty O(110)$ Fläche), das andere Mal von der umgekehrten (positive Mittellinie normal zur $\infty O(110)$ Fläche) wie in Fig. 60 der Abhandlungen von 1882 und 1883 gezeichnet. Das darauf folgende Ikositetraëder wechselte in seiner optischen Beschaffenheit mit dem zugehörigen inneren Dodekaëder oder war ihm gleich, das äussere Dodekaëder war meist nicht deutlich zu bestimmen.

Deutlicher Wechsel im optischen Charakter der einzelnen Schichten war auch bei anderen Praeparaten, besonders zonenweise im centralen Dodekaëder zu erkennen und noch andere Krystalle kamen vor, bei denen sich sogar in der senkrecht zur Rhombenseite getheilten Hälfte einer Schicht die eine, in der anderen die andere Art der Doppelbrechung einstellte.

Einheitlichkeit des Mittelfeldes oder aber Viertheilung desselben wurden wie früher beobachtet.

Dieser schon früher angedeutete, jetzt aber in der verschiedensten Art und Weise nachgewiesene Wechsel zwischen positiver und negativer Doppelbrechung kommt also nicht nur bei verschiedenen Individuen derselben Art, sondern auch in einem und demselben Individuum in verschiedener Art und Weise vor.

Somit lassen sich die bei diesen Vorkommen auch öfters zu beobachtenden isotropen Zonen sicher zum Theil durch Compensation der Wirkungen einer positiven und negativen Substanz auffassen, wenngleich damit nicht ausgeschlossen sein soll, dass sich eine chemisch normale Substanz, frei von isomorpher Beimischung auch gelegentlich als optisch isotrope Substanz direct abgelagert haben könnte.

b. Kalkeisengranat von Sala in Schweden.

Da ich von diesem ausgezeichneten Vorkommen seiner Zeit nur einen Krystall untersuchen und demselben nur periphere Schnitte nach den Hauptrichtungen entnehmen konnte, so habe ich die Untersuchungen hier wieder aufgenommen und Schnittserien nach $\infty O\infty(100)$, $O(111)$, $\infty O(110)$, $2O2(211)$ durchführen lassen.

Was Feldertheilung, Lage der Auslöschungsrichtungen, Färbungen unter dem Gypsblättchen anlangt, so bestätigen die neuen Untersuchungen die alten.

Nur in den Schliffen nach $2O2(211)$, in denen die Auslöschungsrichtungen in den Zwillingshälften symmetrisch entgegengesetzt und um je 10° geneigt gegen die symmetrische Diagonale liegen, wurde jetzt gefunden, dass die Mittellinie ziemlich schief zur Plattenoberfläche stand, während die frühere Angabe lautete: »die Mittellinie scheint jeweils nicht mehr normal zur Fläche zu stehen« (1882 S. 529; 1883 S. 137). Diese Veränderung, wird offenbar mit etwas geänderter chemischer Zusammensetzung in Verbindung zu bringen sein. Der negative Charakter der betreffenden Mittellinie wurde, wie früher, mit dem Gypsblättchen im parallelen und überdies auch noch mit demselben Hülfsmittel im convergenten polarisirten Lichte erschlossen.

Besonders schön gebildet erwiesen sich Schliffe, nahe der Krystallmitte gelegen, nach $\infty O\infty(100)$ und nach $\infty O(110)$. Von ihren Verhältnissen kann man eine Anschauung gewinnen, wenn man die Figg. 26 und 29 der früheren Mittheilungen vergleicht. Im Grossen und Ganzen tritt dieselbe Feldertheilung wie dort auf. Da aber der Wiluigranat optisch monoklin und bezüglich der zur $2O2(211)$ Fläche mehr oder weniger schief stehenden Mittellinie positiv ist, während der Salagranat optisch triklin und bezüglich der, parallel der symmetrischen Diagonale geknickten $2O2(211)$ Fläche, doppelt schief stehenden Mittellinie optisch negativ ist, so ist die Färbung unter dem Gypsblättchen beim Salagranat der der blau und gelb gefärbten Stellen der Figg. 26 und 29 grade entgegengesetzt. Die Erscheinungen werden fernerhin hier noch dadurch complicirt, dass jedes Ikositetraëderfeld mindestens zweigetheilt durch Zwillingsbildung ist und sehr vielfach

wiederholt zwillingsgetheilt sein kann. Diese Zwillingsbildungen kommen dann noch für die Betrachtung der einzelnen Felder in Frage und gelangen je nach der Schnittlage mehr oder weniger deutlich optisch zum Ausdruck.

Es entsteht sonach beim Drehen des Praeparats ein Bild, was mindestens aus der doppelten Anzahl von Feldern zu bestehen scheint und nehmen ein Feld nicht zwei gleiche, sondern mehrfach sich wiederholende Zwillingspartien in Anspruch, so wird der Eindruck noch viel complicirter.

Für den nicht mit der Sache Vertrauten zeigt sich ein scheinbar unentwickelbares Wirrsal, das aber für den Kenner die schönste Gesetzmässigkeit zu Tage treten lässt.

II. Vesuvian.

1. Litteraturübersicht und historische Einleitung.

In meiner Arbeit über den Apophyllit (Sitzungsber. d. K. Pr. Ak. d. Wiss. 1892. S. 246; N. Jahrb. f. Min. 1892. II. S. 204) habe ich darauf hingewiesen, dass ähnlich wie dieses Mineral, was bei nicht allzu schwacher Lichtbrechung ausnahmsweise schwache Doppelbrechung zeigt, sich auch andere Mineralien, wie Vesuvian und Pennin, verhalten möchten.

Ich trete nunmehr diesem Gegenstande näher.

Der Vesuvian ist in optischer Hinsicht schon mehrfach bearbeitet worden. Die wichtigste Litteratur ist in dem Werke von R. Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle 1891. S. 291 u. f. zusammengestellt; sie findet sich danach in:

1. A. Des-Cloizeaux. Manuel de Minéralogie. 1862. S. 280.
2. A. Madelung. 1863. Zeitschr. f. Krystallographie. 1883. VII. S. 75.
3. A. Des-Cloizeaux. Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux. 1867. S. 523 u. f.
4. J. Hirschwald. Mineralogische Mittheilungen, gesammelt von G. Tschermak. 1874. S. 239 u. f.
5. E. Mallard. Explication des phénomènes optiques anomaux etc. 1877. S. 79–80.
6. A. Březina. Grundform des Vesuvian. Mineralogische Mittheilungen, gesammelt von G. Tschermak. 1876. S. 98.
7. E. Schuhmacher. Über Vesuvian im Kalklager von Deutsch-Tschammendorf südlich Strehlen. N. Jahrb. f. Mineralogie. 1878. S. 817 u. f.
8. A. von Lasaulx. Idokras von Gleinitz und dem Johnsberge bei Jordansmühl. Zeitschr. f. Kryst. 1880. IV. S. 168 u. f.

9. F. Klocke. Über ein optisches analoges Verhalten einiger doppeltbrechender regulärer mit optisch zweiaxig erscheinenden tetragonalen Krystallen. N. Jahrb. f. Mineralogie. 1881. I. S. 204—205.
10. F. Klocke. Über einige optische Eigenschaften optisch anomaler Krystalle und deren Nachahmung durch gespannte und gepresste Colloide. N. Jahrb. f. Mineralogie. 1881. II. S. 249 u. f.
11. C. Doelter. Erhitzungsversuche an Vesuvian, Apatit, Turmalin. N. Jahrb. f. Mineralogie. 1884. II. S. 217 u. f.
12. H. Rosenbusch. Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. 1885. I. S. 320; 1892. I. S. 366.
13. R. Prendel. Über den Wiluit. 1887. Auszug in Zeitschr. f. Kryst. 1890. XVII. S. 94—97.
14. R. Brauns. Die optischen Anomalien der Krystalle. 1891. Die Seiten 291—297 behandeln den Vesuvian.

Seit dem Erscheinen letzteren Werkes kommt noch hinzu:

15. Pasquale Franco. Studii sull' Idocrasia del Monte Somma. Bollettino della Società geologica italiana. 1893. Vol. XI. S. 245 u. f.

Die hauptsächlichsten Errungenschaften in optischer Hinsicht fasst R. Brauns 1891 (14) in seinem Werke zusammen.

Danach bilden die Krystalle von Ala den Typus der optisch negativen, die von Wilui den der optisch positiven Krystalle.

Jene sind in basischen Schliffen aus Krystallen der vorwaltenden Combination $\infty P(110)$, $P(111)$, $oP(001)$ viergetheilt nach den Ecken des Schnittquadrats. In jedem der, abgesehen vom etwa vorkommenden einaxigen Mittelfeld, erscheinenden vier Sectoren steht die Ebene der optischen Axen normal zur Randkante. Der Axenwinkel nimmt gegen die Randkante hin an Grösse zu, R ist $<$ Bl. Die erste Mittellinie coincidirt mit a, der Krystall ist daher bezüglich derselben optisch negativ. Kommt in einem Polarisationsmikroskop der Schliff so zu stehen, dass die Seiten des Quadrats 45° zu den Kreuzfäden und Spuren der Polarisationsebenen der gekreuzten Nicols machen, so färben sich die Felder vorn links und hinten rechts unter dem Gypsblättchen blau, die anderen gelb; es liegt also in der Plattenebene die kleinere (für den Krystall kleinste) Elasticitätsaxe wie MM′ im Gyps.

Treten andere Begrenzungselemente, namentlich vermehrte Prismen, an den Krystallen auf, so zeigen sich complicirtere Erscheinungen von Feldertheilung.

Die Krystalle von Wilui sind als Typus der optisch positiven Vorkommen anzusehen. Habe der Krystall die Flächen $\infty P(110)$, $\infty P\infty(100)$, $P(111)$, $oP(001)$ und gehe der Schliff unterhalb der Pyramide durch die Prismen senkrecht zur Axe c, so stellt er in der äusseren Umgrenzung ein Achteck dar. Abgesehen von dem etwa noch vorhandenen optisch einaxigen (positiven) Mittelfeld geht von jeder Prismenbegrenzung ein Sector zur Mitte. In einem jeden derselben liegen die optischen Axen parallel der Randkante, der Charakter

der Mittellinie ist positiv, die Dispersion ist R < Bl. Im Mikroskop zwischen gekreuzten Nicols und mit dem Gypsblättchen geprüft bleibt die Färbung der zweimal vier Sectoren dieselbe wie im vorigen Falle, wenn das eine System nach dem anderen in die Stellung kommt, die bei den Krystallen von Ala erörtert wurde. Es folgt daraus, dass in der Plattenebene die kleinere (für den Krystall mittlere) Elasticitätsaxe liegt wie MM′ im Gyps. Da nun die Ebene der Axen parallel zur Randkante geht, so entspricht der Spur derselben die grösste Elasticitätsaxe a, zumal der Krystall, dessen erste Mittellinie mit der Normalen zur Plattenoberfläche zusammenfällt, positiv ist, letztere Normale also im Sinne von c verläuft.

Dies ist im Wesentlichen bezüglich der Feldertheilung und Axenlage der Standpunkt bei Brauns. Von P. Franco 1893 (15. S. 256) rühren u. A. nähere Angaben über complicirtere Theilungen, beobachtet an einem Ala-Krystalle her. Da es im Alathal verschiedene Vorkommen gibt, die sich ungleich verhalten, so sind die Angaben nicht ganz und voll zu verwerthen. Sie weisen aber jedenfalls die von mir auch beobachtete doppelte Theilung nach, und ich werde auf sie noch näher zurückkommen.

2. Resultate neuerer Untersuchungen.

Im Grossen und Ganzen lassen meine neueren Untersuchungen erkennen, dass die seitherigen Vorstellungen von der optischen Structur des Vesuvianes nur die Endglieder einigermaassen umfassen, die ganze zwischen diesen liegende Reihe der Mittelglieder aber nicht treffen.

Bei der grossen Schwierigkeit der Materialbearbeitung (die wichtigsten Vorkommen sind von einer Unzahl von Sprüngen durchsetzt), bei dem sehr selten in regelmässiger Weise zu beobachtenden Verlaufe der optischen Feldergrenzen sind die Erforschungen sehr mühevolle gewesen. Sie würden aber gradezu ohne Resultat verlaufen sein, wenn nicht das in jeder Hinsicht so vortreffliche Beispiel des Apophyllits klärend vorangegangen wäre.

A. Vesuviane von negativem Charakter der Doppelbrechung.

a. Krystalle vom Vesuv z. Th., von Zermatt, von Eger und Egg.

Die hier untersuchten Krystalle sind sämmtlich braun gefärbt.

Im parallelen polarisirten Lichte zeigen sie sich zum Theil ziemlich einheitlich gebildet, manchmal kommen in Basisschliffen

Stellen vor, die auf den Ton des Gypsblättchens wirken, auch zonenförmige Anlagen erscheinen (Vesuv), in denen bisweilen die Färbung aufeinanderfolgender Zonen umschlägt. Eine deutliche Feldertheilung ist nicht zu erkennen.

Im convergenten polarisirten Lichte gibt sich das schwarze Kreuz einaxiger Krystalle, recht oft sogar scheinbar ungestört, zu erkennen. Indessen kommen auch Störungen vor. Die Farbenfolge in den Ringen ist, soweit es die Eigenfarbe zulässt, normal. Der optische Charakter ist negativ und zwar für alle Farben.

b. Braune Krystalle vom Alathale.

Bei denselben beobachtet man eine ausgezeichnete Feldertheilung, Fig. 1, die zumeist am Rande der Schliffe (die nach oP (001) aus der Combination oP (001), ∞P (110), ∞P∞ (100), P (111) u. s. w. genommen und unter der Pyramide hergeführt sind) nach den Diagonalen des wesentlich von ∞P (110) begrenzten Quadrats, in der Mitte der Schliffe aber nach der Mitte der Seiten des dort vorhandenen Quadrats verläuft. Wird die Randtheilung so gestellt, dass sie mit ihren Umgrenzungselementen diagonal zu den gekreuzten Nicols kommt, so werden die Felder vorn links und hinten rechts blau (getüpfelt), die andern gelb (weiss). Die Centralfelder nehmen das Roth I. Ordnung an (gestrichelt). Ihrerseits tönen sich die Centralfelder vorn links, hinten rechts, bez. vorn rechts, hinten links in Blau bez. Gelb ab und die Aussenfelder werden Roth, wenn die Centraltheilung in die Hellstellung gelangt, Fig. 2, d. h. die Diagonalen des inneren Quadrats unter 45° zu den gekreuzten Polarisationsebenen genommen werden. In den äusseren Theilen liegen daher normal zu den Randkanten, in den inneren im Sinne der Diagonalen des dort befindlichen Quadrats die kleineren (für den Krystall kleinsten) Elasticitätsaxenrichtungen.

Fig. 1.

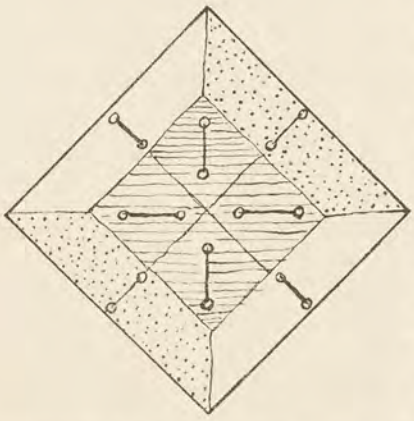
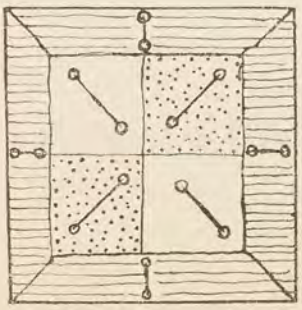


Fig. 2.



Im convergenten Lichte tritt in jedem Sector Zweiaxigkeit auf. Dieselbe ist in den centralen Theilen etwas weniger ausgesprochen als in den äusseren.

Die Axenwinkel betragen:

In den Centraltheilen = etwa 24° in Luft[1]
In den äusseren Theilen = etwa 60° in Luft.

Der Charakter der Doppelbrechung ist in allen Theilen und für alle Farben negativ. Die die Axen umgebenden Curven weichen hie und da ein wenig von der normalen Farbenfolge ab und nähern sich der der Andreasberger Apophyllitringe. Bezüglich des Axenwinkels gilt: Roth ist < Blau und zwar ist die Dispersion in den Aussenfeldern am stärksten. Die Axenebenen sind gelagert, wie es die Figuren 1 und 2 ausweisen, also im Sinne der kleineren Elasticitätsaxenspuren in den einzelnen Sectoren. Hiermit stimmt alles Andere gut überein. Ich glaube, dass Hr. P. Franco 1893 (15) in seinen Figuren 8 und 9 ähnliche Verhältnisse wiedergegeben hat. Bei ihm waren die Sectoren wohl so angelegt, dass sie sich schon in das Aussenfeld theilten, abgesehen von ihrem eventuellen Erscheinen im Centralfeld, woselbst übrigens die Wirkung eine schwächere war und mehr ein gestörtes einaxiges Bild erschien. Ich habe Andeutungen solchen Vorkommens beider Theilungen von aussen nach innen zu ebenfalls beobachtet.

c. Grüne Krystalle aus dem Pfitsch- und dem Zillerthale.

Die Beobachtung im parallelen polarisirten Lichte ergibt keine regelmässige Feldertheilung und überhaupt wenig Störungen.

Im convergenten Lichte sieht man ein weniger distinct erscheinendes schwarzes Kreuz in gelbem Grunde. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ für alle Farben. Die Ringe sind aussen grün und innen roth, also noch normal. Man sieht indessen an dem gelben Grund, der das schwarze Kreuz umgibt, dass eine Veränderung beginnt, die an einzelnen Stellen der Krystalle auch einen Farbenumschlag in den Ringen: grün innen, roth aussen nach sich zieht.

d. Krystalle aus dem Val di Sturra. Piemont.

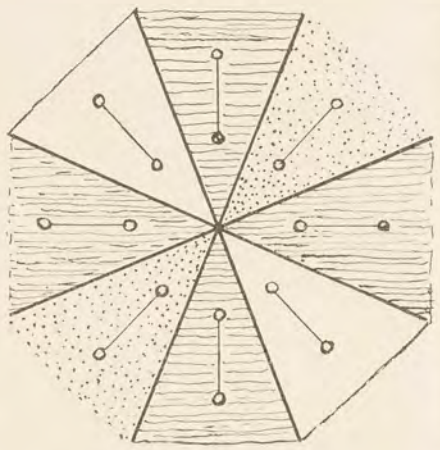
Dieselben weisen nahezu gerundete und parallel der Hauptaxe gestreifte Säulen auf, die durch die Basis, seltener daneben durch kleine Pyramidenflächen begrenzt sind. Sehr auffallend ist ihr Bestehen aus abwechselnden braunen und lichtgrünlichen Schichten, nach der Basis von einander gesondert.

[1] In den Figg. 1 und 2 konnte diese Verschiedenheit nicht zum Ausdruck gebracht werden, da die Aussenfelder schmal, die Innenfelder breit sind.

α) Die dunkelen Schichten zerfallen in Schliffen nach o P (001) im parallelen polarisirten Lichte in Stellen verschiedener Wirkung; eine deutliche Feldertheilung kommt nicht zu Stande. Im convergenten Lichte beobachtet man einaxig deformirte und deutlich zweiaxige Partien, die einen negativen Charakter der Doppelbrechung haben und deren Interferenzringe und Curven sich bezüglich der Färbung noch normal verhalten.

β) Die hellen Schichten zeigen eine Achttheilung,[1] wie die braunen Krystalle von Ala. Es geht aber hier die Theilung vom Centrum aus und erstreckt sich nach der Peripherie, wenngleich die Sectoren nicht so scharf gegen einander abgesetzt sind, wie es Fig. 3 darstellt.

Fig. 3.



Die Lage der Axenebenen (daneben die Axen mit mittelgrossem, sehr schwankendem Axenwinkel), die Dispersion R < Bl, die Färbung der Sectoren unter dem Gypsblättchen, die negative Doppelbrechung für alle Farben ist genau so, wie bei den braunen Krystallen von Ala. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die die Axen umgebenden Curven deutlich den Charakter der Andreasberger Apophyllitringe angenommen haben und aussen roth und innen blau sind.

e. Grüne Krystalle aus dem Alathale, braune Krystalle vom Vesuv.

Im parallelen polarisirten Lichte beobachtet man bei den bekannten grünen Krystallen einfacher Combination ∞P(110), P(111) oP(001) u. s. w. in Schliffen nach der Basis am Rande des Schnittquadrats eine Viertheilung nach den Diagonalen, Fig. 4. Dieselbe setzt sich mehr oder weniger weit in's Innere fort und macht dort nicht selten einer zweiten Viertheilung nach der Mitte der Seiten Platz. Nicht immer sind die Theile so regelmässig von einander

[1] Diese Achttheilung hängt offenbar von den begrenzenden Elementen, hier ∞P(110) und ∞P∞(100), ab. Kommen andere Prismen daneben vor, so zeigt sich ihr Einfluss dadurch, dass die ehemals einheitlichen Sectoren nochmals getheilt sind und auch die Lage der Ebene der optischen Axen sich gegen früher etwas verändert hat.

abgegrenzt, wie es Fig. 4 darstellt; häufig greifen sie in einander ein oder gehen wohl auch gemeinsam vom Rande des Schliffs nach der Mitte zu.

Wird der Schliff so gestellt, dass die äusseren Umgrenzungselemente, Fig. 4, unter 45° zu den gekreuzten Nicols stehen, so färben sich die peripheren Theile vorn links und hinten rechts blau, die anderen gelb; die centralen Theile sind ausgelöscht, bez. roth gefärbt.

Fig. 4.

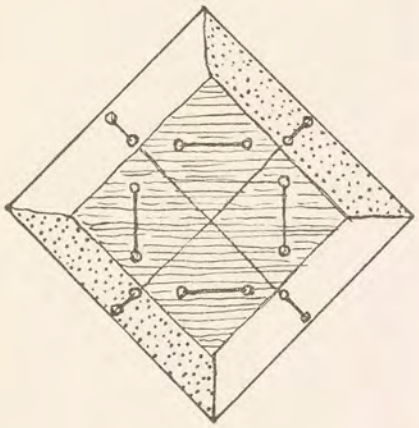
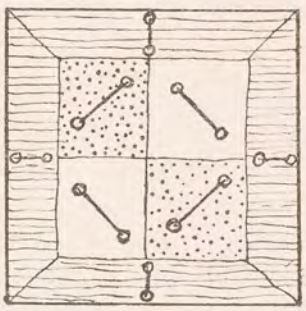


Fig. 5.



Kommen diese dagegen unter dem Gypsblättchen in die Hellstellung, Fig. 5, so färben sich die Sectoren vorn links und hinten rechts gelb, die anderen blau; die peripheren Theile löschen nun mehr aus.

Es liegt also in den erstbesprochenen Theilen die kleinere (für den Krystall kleinste) Elasticitätsaxe c normal zu den seitlichen Begrenzungselementen [Spuren von ∞P (110) auf 0P (001)], in den centralen Theilen dagegen unter 45°; vergl. Fig. 4 und 5.

Im convergenten Lichte wird dies bestätigt durch die Lage der Axenebenen, die in die Figg. 4 und 5 eingetragen sind. Der Charakter der I. Mittellinie ist negativ für alle Farben. Der Axenwinkel ist in der Grösse schwankend; in den centralen Theilen, die nicht sehr wirksam sind, nähert er sich öfters der Einaxigkeit. (Die Figg. 4 und 5 bringen nur die Lage der Axen, nicht die relative Grösse des Axenwinkels zum Ausdruck.) Bemerkenswerth ist die Färbung der Axencurven. Sie folgt nämlich, indem Roth aussen und Grünblau innen liegt, was schon Des-Cloizeaux 1867 (3. S. 523) hervorhob, dem Vorbild der Apophyllitringe von Andreasberg.

Wurde eine Platte dieses Vorkommens während längerer Zeit der Rothgluth ausgesetzt, so wurde sie trübe, zeigte aber an den lichten Stellen keine wesentlichen Veränderungen.

Hier reiht sich ein brauner Vesuvkrystall an, den ich von den HH. Dr. Steeg und Reuter in Homburg v. d. Höhe erhielt.

Er zeigt dieselbe Structur wie die grünen Alathalkrystalle. Dieselbe ist aber nicht, wie dort, Figg. 4 und 5, von aussen nach innen abgesetzt, sondern geht von einem Centrum aus, das nicht den Mittelpunkt der (am Rande verbrochenen) Platte einnimmt. Wie es die Figg. 6 und 7 zeigen, liegen die Axenebenen in den acht Sec-

Fig. 6.

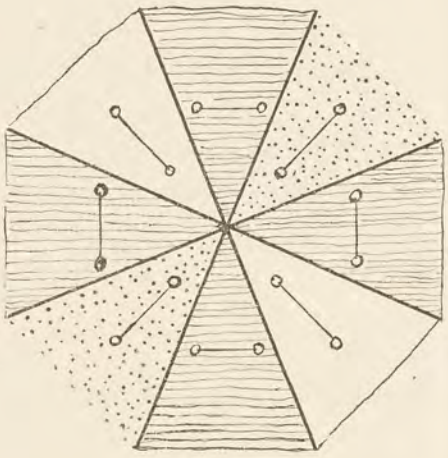
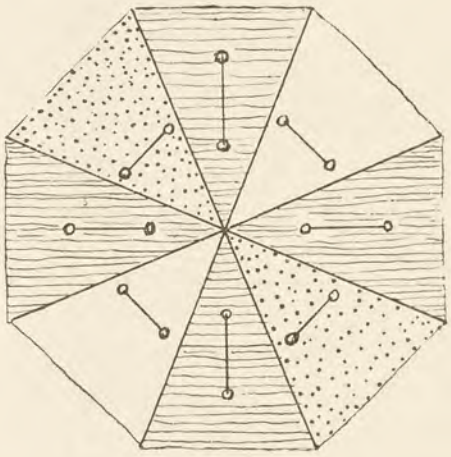


Fig. 7.



toren genau wie in Figg. 4 und 5, auch ihre Färbung unter dem Gypsblättchen ist dieselbe, ebenso der negative Charakter der Doppelbrechung für alle Farben u. s. w.

Was sie unterscheidet ist ein Mal der Umstand, dass die Farbenfolge in den die Axen umgebenden Curven hier keine abnorme, sondern die normale ist und dass alle Felder von gleicher Stärke der Doppelbrechung sind, nicht etwa die vier, den Innenfeldern der Fig. 4 entsprechenden, sich schwächer wirksam erweisen.

B. Vesuviane von negativem und positivem Charakter der Doppelbrechung, je nach Stelle und Farbe.

In meiner Arbeit über den Apophyllit vom Jahre 1892 habe ich die Vorkommen dieses Minerals, welche nach Stelle und Farbe verschiedenen Charakter der Doppelbrechung zeigen, in Anbetracht ihrer schönen Farbenringe als *Chromocyclite* beschrieben.

Hält man diesen Namen fest, so zeigt es sich, dass es auch unter den Vesuvianen solche gibt; ihre Eigenschaften sind aber nicht, wie bei den Apophylliten, durch die Wärme in einander überzuführen, noch viel weniger ist mit der Zeit der Rücklauf der Erscheinungen zu beobachten, den ich bei den erwärmten Apophyllitplatten nach einer Frist von etwa $1\frac{1}{2}$ Jahren nunmehr durchgehends so eintreten sah, dass in allen Fällen wieder Ringe mit abnormer Farbenfolge sich gebildet hatten.

a. Gelbe Krystalle von dem Fundpunkt Monzoni, braune mit der allgemeinen Bezeichnung: Fassathal, gelbe von Cziklowa im Banat.

Im parallelen polarisirten Lichte beobachtet man bei keinem der erwähnten Vorkommen in Schnitten nach der Basis Feldertheilung, dagegen, im Flächenfeld scheinbar regellos zerstreut, zahlreiche Stellen, die den Ton des Gypsblättchens, je nach der Lage der Stelle, nicht ändern, oder in Blau, Gelb oder Roth abtönen.

Im convergenten Licht sieht man überall ein sehr verschwommenes schwarzes Kreuz, nicht selten von erheblicher Breite, manchmal etwas, aber nicht sehr erheblich, gestört. Der Ton um dasselbe ist öfters rein gelb, dann wohl auch indigo oder blau, oder blau mit lichtgelbgrünem Ring. Weniger exquisit beobachtet man die dazwischen liegenden Mitteltöne, so namentlich nicht oder seltener die Töne: Orange, Violett und dafür solche, die mehr ins Gelbe oder Röthliche spielen.

Dann sind die am häufigsten vorkommenden Töne Gelb, Blau und Blau mit lichtgrünem Ringe auf einigermaassen grössere Erstreckungen zu sehen, dagegen die Mitteltöne nicht, so dass hier die sie erzeugenden Stellen sich vielfach über- und unterlagern müssen. Kurz und gut gesagt: die Regelmässigkeit der Felderabgrenzung, die bei dem Apophyllit stattfand und in Folge deren das klare Erkennen der Wirkung der einzelnen Felder so erleichtert war, ist hier nicht mehr in dem Grade wie dort vorhanden.

Die Verhältnisse mit Sicherheit zu erfassen, erlaubten indessen genaue Beobachtungen der in nachstehender Tabelle aufgeführten Töne 1, 4, 5 und 6. — Was 2, 3 darbieten sollen, ist nicht genau so beobachtet, da anstatt der betreffenden Töne Mischtöne 2 mit 1, 3 mit 2 zur Wahrnehmung kamen. Diese zeigen aber wieder das, bezüglich des Charakters der Doppelbrechung für die einzelnen Farben, was sie als Mischtöne zeigen sollen.

Einen Vergleich zwischen Vesuvian und Apophyllit gestattet danach folgende Tabelle:

Nr.	Apophyllit, Mischung von optisch + mit − Substanz				Ton des Feldes, das um das schwarze Kreuz liegt	Vesuvian, Mischung von optisch − mit + Substanz			
	Roth Li	Gelb Na	Grün Tl	Blau In		Roth Li	Gelb Na	Grün Tl	Blau In
1.	+	+	+	+	Gelb	−	−	−	−
2.	+	+	+	o[1]	Orange	−	−	−	o
3.	+	+	o	−	Roth—Violett	−	−	o	+
4.	+	o	−	−	Indigo	−	o	+	+
5.	o	−	−	−	Blau	o	+	+	+
6.	−	−	−	−	Blau mit grünem Ring	+	+	+	+

b. Braune Krystalle aus dem Fleimsthale.

Dieselben sind insofern etwas von den anderen Chromocycliten verschieden, als sie bei sonst gleich bleibenden Eigenschaften im parallelen polarisirten Lichte, im convergenten wesentlich nur die Erscheinung eines verschwommenen schwarzen Kreuzes in blauem Grunde, umgeben von einem lichtgrünen oder dunkelgrünen Ringe zeigen, dagegen die anderen Färbungen des Feldes um das Kreuz nur selten darbieten.

Entsprechend diesen Abtönungen sind die Krystalle in ihrer Hauptmasse entweder positiv für alle Farben, oder dies für Gelb bis Blau und nicht doppelbrechend für Roth.

C. Vesuviane von positivem Charakter der Doppelbrechung für alle Farben.

Hierher gehört nach den Untersuchungen von R. Prendel 1887 bis 1890 (13) und R. Brauns 1891 (14) der Vesuvian vom Flusse Wilui, und ich kann die Untersuchungen beider Forscher, deren Hauptresultat im Eingang mitgetheilt worden ist, vollkommen bestätigen.

Da ich auch diesen Vesuvian in Schliffen nach oP(001) einer Erhitzung und zwar bis zum Schmelzen der Ränder unterwarf, dabei jedoch auch keine wesentlichen Veränderungen beobachtete, so füge ich nur noch an, dass ich bei einer Dispersion der Axen mit R<Bl. den scheinbaren Axenwinkel in Luft beobachtete zu:

42° in den Hauptfeldern, von ∞P(110) begrenzt
und 30° » » Nebenfeldern, von ∞P∞(100) umgeben.

Überblickt man die vorstehend mitgetheilten Resultate, so geht daraus hervor, dass R. Brauns 1891 (14. S. 292) im Rechte ist für den

[1] Bedeutet: nicht doppelbrechend.

Vesuvian eine isomorphe Mischung zweier Componenten anzunehmen und die bei diesem Minerale beobachteten optischen Abnormitäten auf Rechnung der isomorphen Mischung zu setzen.

Vom chemisch-physikalischen Standpunkt geht aber auch ferner aus den Untersuchungen am Apophyllit und Vesuvian hervor, dass Mineralien mit den an diesen Verbindungen nachgewiesenen optischen Eigenschaften, namentlich der schwachen Doppelbrechung bei mehr oder weniger kräftiger Brechung, dann aber auch der der farbenprächtigen Ringe, als eine Mischung einer optisch positiven mit einer optisch negativen Substanz angesehen werden müssen, die festzustellen Aufgabe weiterer chemischer Forschungen sein wird.

Die optische Untersuchung kann fernerhin als ein Wegweiser dienen, die Normalsubstanzen mit ausfindig zu machen, und so wird eine solche sicherlich im grünen Vesuvian von Ala *nicht* zu finden sein, wie man, durch die Schönheit der Krystalle dieses Vorkommens beeinflusst, glaubte annehmen zu müssen, da bei diesem Vorkommen die sogenannten Andreasberger Ringe mit abnormer Farbenfolge auf isomorphe Beimischung und nicht auf das Vorhandensein *einer* Normalsubstanz hindeuten.[1]

Aber auch für die Theorie der isomorphen Mischungen selbst geben die Untersuchungen Hinweise. Die oftmals zu beobachtende, scheinbar völlige Gleichartigkeit eines Feldes in optischer Hinsicht, die nur künstlich dadurch nachzubilden ist, dass man zwei völlig einheitliche, entgegengesetzt wirkende Schichten übereinander legt, lässt den Schluss als berechtigt erscheinen, dass auch in der, wie die betreffende Combination einheitlich wirkenden Schicht isomorpher Mischung, eine ganz willkürliche Anordnung der einzelnen Componenten nicht Platz greifen könne. Dieselben werden in der Mischung als solche bestehen, aber mit einer gewissen Regelmässigkeit in ihrer Vertheilung angeordnet sein müssen.

Schliesslich gelangen wir zu Hinweisen über das Krystallsystem unseres Minerals. Dasselbe besteht zur Zeit offenbar aus optisch einaxigen und optisch zweiaxigen Theilen. Für letztere erscheint in der Mehrzahl der Fälle die rhombische Symmetrie den Erscheinungen zu genügen, aber auch Abweichungen, hie und da beobachtet, z. B. in der Position der ersten Mittellinie (als abweichend von der Basisnormale) und in monokliner Dispersion (A. Brezina 1876 [6. S. 98]) kommen vor. Sie würden dem Einzelindividuum eine niederere Stellung im System anweisen.

[1] Die bis jetzt erlangten Resultate in chemischer Hinsicht und die aus denselben gezogenen Folgerungen bezw. aufgestellten Gruppirungen lassen zwar noch nicht in allen Einzelheiten das erkennen, was die optische Untersuchung fordert, doch geben sie für die *Hauptgruppen jetzt schon das bemerkenswerthe Resultat*, dass *auf den Vesuvian von Ala, der vom Fassathal und hierauf der von Wilui folgt*. Vergl. Rammelsberg. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1886 B. 38 S. 508 und Mineralchemie 1886, Ergänzungsheft S. 255.

Ob solche Annahmen nöthig sind, erscheint mir fraglich. Ich erachte vielmehr mit R. Brauns den Vesuvian für quadratisch und seine abnormen optischen Eigenschaften bedingt durch den Einfluss der isomorphen Mischung, welche ganz besonders auch seine Axenerscheinungen im convergenten Lichte erklärt. Durch die bei dem Festwerden der einzelnen Componenten der isomorphen Mischung stattfindende Verschiedenheit wurde die Einheitlichkeit des Krystallbaues, die bei der Normalsubstanz stattfindet, gestört, und die richtenden Kräfte geschwächt. Hierdurch war es möglich, dass die Umgrenzungselemente einen Einfluss gewannen, der sich in Beziehung zu ihnen setzte und sich in der Deformirung des Axenbildes, in der Beziehung der Lage der Axenebene zu den Umgrenzungselementen und in einem Verhalten kund gab, was uns, abgesehen von dem am Vesuvian von Ala Beobachteten, Fig. 4, schon beim Apophyllit entgegentrat, woselbst neben und zwischen gepressten Stellen solche dilatirter Art vorkamen. (Vergl. meine Arbeit über den Apophyllit. Sitzber. 1892 S. 248, Fig. 5; S. 37 Fig. 11; S. 39; N. Jahrb. f. Min. 1892. II S. 206 u. 207, Fig. 5; S. 214 u. 215, Fig. 11; S. 217).

III. Pennin.

1. Litteraturübersicht und historische Einleitung.

Eine Übersicht über den Stand unserer Kenntnisse rücksichtlich der optischen Eigenschaften dieses Minerals geben die neuesten Arbeiten von G. Tschermak und ihre Darstellung in dem mehrfach schon erwähnten Werke von R. Brauns, sowie in den wichtigsten Lehr- und Handbüchern der Mineralogie und Petrographie aus neuerer Zeit. Die Litteratur, welche dabei in Frage kommt, ist die folgende:

1. Ch. Heusser. Notiz über die Krystallform des Pennin. Poggend. Ann. der Physik und Chemie. 1856. B. XCIX. S. 174–175.
2. A. Des-Cloizeaux. Manuel de Minéralogie. 1862. T. I S. 436 u. f. — Vorher schon 1857. De l'emploi des propriétés optiques biréfringentes en Minéralogie. Annales des Mines T. XI.
3. A. Des-Cloizeaux. Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux u. s. w. 1867. S. 526–527.
4. A. Schrauf. Über Klinochlor, klinoquadratisches und klinohexagonales System. Mineral. Mitth. v. G. Tschermak. 1874. S. 161 u. f.
5. Ér. Mallard. Explications des phénomènes optiques anomaux u. s. w. 1877. S. 97–99.
6. G. Tschermak. Die Chloritgruppe I. Theil 1890, II. Theil 1891. Sitzungsber. d. k. k. Ak. der Wiss. in Wien. Mathem. naturw. Classe B. XCIX u. B. C.
7. R. Brauns. Die optischen Anomalien der Krystalle. 1891. Die Seiten 74–80 behandeln den Pennin.

Als Heusser im Jahre 1856 (1) den Pennin optisch prüfte, fand er zu seinem Erstaunen, die an diesem Minerale bekannten Eigenschaften, und Platten parallel der Basis liessen die charakteristische Interferenzfigur einaxiger Krystalle nicht erkennen. Die Umstände gestatteten es diesem verdienten Forscher damals nicht, die Untersuchungen weiter fortzuführen.

A. Des-Cloizeaux trat 1857 und danach 1862 (2. S. 436–437) der Sache näher und fand: »Double réfraction peu énergique à un axe, négatif dans la plupart des échantillons de Zermatt et dans ceux de Binnen et du Tyrol, positif dans quelques cristaux de Zermatt et dans ceux d'Ala. Des lames de Zermatt offrent quelquefois, comme certaines apophyllites, la réunion de plages négatives et de plages positives limitées par des contours vagues. Dans les cristaux negatifs, la double réfraction se manifeste au microscope polarisant par une croix noire assez nette, traversant un fond bleu et se disloquant souvent d'une manière irregulière; dans les cristaux positifs, qui sont moins biréfringents que les premiers, la croix noire et faiblement indiquée et le fond est vert. Quelques échantillons d'Ala paraissent totalement dépourvus de double réfraction.«

Man sieht, dass diese vortreffliche Schilderung völlig correct und auch der Hinweis auf den Apophyllit wohlbegründet ist.

Im Jahre 1867 nimmt Des-Cloizeaux auf vorstehende Untersuchungen Bezug (3), erklärt die nicht doppelt brechenden Stellen aus dem Zusammenwirken der + und — Substanz entstanden und untersucht, im Vergleich mit Klinochlor, Penninplatten unter dem Einfluss einer Temperatur bis 170°8 C. Er fand in der gegenseitigen Stellung der Hyperbeläste einer optisch negativen Platte, bei der der Ton um das Kreuz blau und dieses selbst gestört war, keine Ortsveränderung.

A. Schrauf sprach 1874 (4. S. 164) gelegentlich der Untersuchung verwandter Mineralien die Ansicht aus, dass bei dem Pennin die optische Einaxigkeit hervorgebracht werden könnte durch übereinandergeschichtete (offenbar zweiaxige) Lamellen. Als Grund dieser Übereinanderschichtung nimmt er Zwillings- und Drillingsbildung in Anspruch. Die einfachen Krystalle sind danach natürlich nur Scheinformen und in Wahrheit verzwillingte zweiaxige (monokline) Gebilde.

Er. Mallard kommt 1876 (5. S. 97) ohne seinen Vorgänger in Bezug auf das einheitliche System der Chlorite zu kennen, zu denselben Resultaten wie dieser. Demselben war ebenso wie Mallard (Schrauf 1874 [4. S. 162]) bereits die wenig einheitliche Darstellung der Glieder der Chloritgruppe in krystallographischer Hinsicht aufgefallen und er hatte sie zum Gegenstand von Erörterungen gemacht.

Mallard vergleicht in weiterer Folge mit Recht Apophyllit und Chlorit (Pennin) und fügt hinzu (5. S. 98): »Il n'est donc pas étonnant que la chlorite, comme l'apophyllite, présente des variétés uniaxes positives ou négatives dérivant d'un même réseau biaxe négatif«.

Nach den beim Apophyllit angestellten Ermittelungen zeigt es sich, dass positive und negative Krystalle und Krystallpartien von verschiedener chemischer Zusammensetzung (nachweisbar am verschiedenen Wassergehalt) vorkommen und dadurch die Erscheinungen erklärt werden.

Ähnlich wird es beim Idokras und, sicherlich u. A. vom Wassergehalt abhängig, auch beim Pennin sein. Sonach dürften wohl die Beispiele, die ein Mineral aufweisen, was bald positiv, bald negativ ist, anders zu deuten sein, als es Hr. Mallard will.[1]

G. Tschermak betrachtet in seinen Arbeiten von 1890 u. 1891 (6) sämmtliche Chlorite, so auch den Pennin, als monoklin. Von demselben unterscheidet er, wie seine Vorgänger, eine positive und eine negative Varietät; bei ersterer ist im Falle der Zweiaxigkeit $R < Bl$, bei letzterer $R > Bl$. Mit dem positiven Pennin wird der »mimetische

[1] Ein Beispiel für wechselnden Charakter der Doppelbrechung ist auch der Perowskit, der in dem Vorkommen von Pfitsch positiv bezüglich der ersten Mittellinie ist, während er in den anderen Vorkommen sich negativ erweist. — Mallard (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1886 T. IX S. 62) deutet dies in seiner Weise und Des-Cloizeaux (Bull. de la Soc. franç. de Minéralogie 1893 T. XVI S. 223 u. f.) spricht die Meinung aus, dass die betreffenden Krystalle vielleicht gar kein Perowskit gewesen seien. Diese Annahme ist nach meinem Dafürhalten im Hinblick auf die krystallographische Untersuchung, den optischen Befund und die durch qualitative Analyse nachgewiesenen Hauptbestandtheile CaO und TiO^2 nicht gerechtfertigt.

Da sich überdies in den Angaben des letzteren Autors einige Mittheilungen finden, denen ich nicht beipflichten kann, so erlaube ich mir das Folgende zu bemerken.

Zunächst habe nicht ich im Jahre 1884 Perowskitkrystalle vom Wildkreuzjoch in der Berliner Sammlung gefunden und beschrieben. Dieselben fand vielmehr G. Rose 1872 auf und stellte sie Hessenberg, dem Entdecker dieses Vorkommens (1861), zur Bearbeitung zur Verfügung. Derselbe hat die Krystalle in seinen Mineralogischen Notizen beschrieben. Was ich 1884 bearbeitete, entstammte Material der Göttinger Sammlung.

Perowskitkrystalle giebt es also zur Zeit von dem Vorkommen von Wildkreuzjoch, Tyrol, in den Universitätssammlungen von Berlin, Halle (Hessenberg'sche Sammlung) und Göttingen. — Wenn Des-Cloizeaux (a. a. O. S. 223) fernerhin schreibt, dass es ungewöhnlich sei eine Mittellinie ihre Coincidenz mit einer bestimmten Elasticitätsaxe verlassen zu sehen, so ist dies kein Grund für die Annahme, dass dies beim Perowskit nicht zutreffen könne. Wir kennen ja mehrfach Mineralien, bei denen um ein und dieselbe optische Hauptrichtung bald dieser, bald jener Charakter der Doppelbrechung stattfindet. Es steht dies sicher im Zusammenhang mit der chemischen Constitution. Wir kennen allerdings die genaue Zusammensetzung des Pfitscher Perowskitvorkommens nicht, da das an allen Orten vorhandene Material kaum für eine Analyse ausreichen würde. Sollte einmal diese Gruppe genau untersucht werden können, so würde darauf zu achten sein, ob nicht ein Aufbau aus zwei chemisch und optisch differenten Componenten sich erweisen würde.

Klinochlor aus dem Zillerthale« nach chemischem Befund, optischem Verhalten u. s. w. vereinigt.

Der Aufbau der Krystalle wird aus dünnen zweiaxigen Lamellen erklärt, die das Penningesetz und das Glimmergesetz in zu einander verwendete Stellungen bringt.[1] Diesem Zwillingsbau wird das Schwanken der Grösse des Axenwinkels und die Einaxigkeit zugeschrieben und es heisst (1890. 6. S. 62): »Das Schwanken der Grösse des Axenwinkels kann zum Theile durch isomorphe Mischung von Bestandtheilen verschiedener optischer Beschaffenheit herrühren, doch ergibt der Vergleich des hier (mimetischer Klinochlor) und am normalen Zillerthaler Klinochlor Beobachteten, dass die Verkleinerung des Axenwinkels und die Einaxigkeit vorzugsweise durch den feinen Zwillingsbau zu erklären seien.«

Nach Schilderung der krystallographischen und optischen Verhältnisse des Pennins im Einzelnen sagt Verfasser (1890. 6. S. 75):

»Alle die ungewöhnlichen optischen Erscheinungen an Penninplatten, das verwaschene Kreuz, der Mangel an Interferenzringen, das farbige blaue oder grüne Mittelfeld, endlich das Fehlen der Doppelbrechung in manchen Exemplaren erklären sich durch eine innige Mischung von einer optisch positiven mit einer optisch negativen Substanz in demselben Krystalle, in der Weise wie beim Apophyllit.«

Die in Tschermak's Arbeiten niedergelegten Ansichten haben sich, besonders in krystallographischer und optischer Hinsicht, des Beifalls der Forscher erfreut.

So finden wir sie reproducirt und zur Erklärung der optischen Absonderlichkeiten, besonders der in einem und demselben Krystalle zu beobachtenden Ein- oder Zweiaxigkeit, verwandt bei R. Brauns 1891 (7. S. 75), wenngleich daselbst auch noch eine andere Deutung als zulässig erachtet und angeführt wird.

Die wichtigsten Hand- und Lehrbücher der Mineralogie und Petrographie haben sie ebenfalls angenommen. Wir begegnen ihr bei:

C. Hintze. Handbuch der Mineralogie 1891. Liefer. V. S. 678 bis 761.
H. Rosenbusch. Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien 1892. S. 591 bis 600.
E. S. Dana. Descriptive Mineralogy. 1892. S. 643 bis 661.
F. Zirkel. Lehrbuch der Petrographie. 1893. I. S. 342 bis 344.

Gegen eine in krystallographischer und optischer Hinsicht so wohl fundirte und durch zahlreiche, sorgfältige Einzeluntersuchungen

[1] Dass A. Schrauf 1874 (4. S. 161, 164) schon im Wesentlichen bezüglich der einheitlichen Auffassung der Glieder der Chloritgruppe und des Zustandekommens der Einaxigkeit bei gewissen derselben aus gekreuzten zweiaxigen Lamellen vor Mallard und Tschermak sehr beachtenswerthe Ansichten geäussert hatte, wird auch hier nicht erwähnt. Und doch steht die Schrauf'sche Arbeit in Tschermak's Mineral. Mittheil. vom Jahre 1874.

gestützte Ansicht Einspruch erheben zu wollen, steht einer Arbeit nicht zu, die sich nur mit einem Gliede der Chloritgruppe, dem Pennin, beschäftigt; es mögen indessen doch einige auf Thatsachen gestützte Bemerkungen hier Platz finden, die vielleicht geeignet sein dürften, in einigen Punkten zur Aufklärung beizutragen.

Wenn man die Gesammterscheinungen am Pennin in optischer Hinsicht in zwei Gruppen theilt und zugesteht, dass für die ungewöhnlichen Erscheinungen: verwaschenes Kreuz, Mangel an Interferenzringen, gefärbtes Mittelfeld, Fehlen der Doppelbrechung in manchen Exemplaren die Tschermak'sche Erklärung jedenfalls die richtige ist und in Folge derselben dem Conflict der Componenten einer isomorphen Mischung ein Einfluss zugestanden wird, so ist nicht einzusehen, warum bei der Erklärung der anderen Gruppe von Erscheinungen: Zweiaxigkeit an bestimmten Stellen, Einaxigkeit an anderen vorzugsweise die Kreuzung von Lamellen herangezogen wird und nicht auch der isomorphen Mischung ein grösserer Einfluss auf den optischen Befund gewahrt bleibt.

Zudem muss berücksichtigt werden, dass durch die Kreuzung von Lamellen, wie sie zulässig und durch die Beobachtungen gestützt ist, die Einaxigkeit ohne Nebenerscheinungen gar nicht in so einfacher Weise hervorgeht, wie man glauben möchte.

Zu diesem Ende brauchen wir rechtwinkelig sich kreuzende Lamellen und die sind nicht ohne Weiteres vorhanden. Bei den zwei erstgenannten Forschern, Schrauf und Mallard, wird auf die speciellen Verhältnisse nicht eingegangen, erst Tschermak hat zur Erklärung der sich kreuzenden Lamellen das Glimmer- und das Penningesetz, sowie andere Möglichkeiten (6. S. 23 u. f.) herangezogen.

Betrachten wir zuerst den Effect des Penningesetzes. Die Fig. 9 bei Tschermak zeigt die dann eingetretene Veränderung der Axenlage und lässt erkennen, dass da, entsprechende Sectoren angenommen, nur die vordere Axe auf die hintere und die hintere auf die vordere fällt, keine wesentlichen Änderungen im Sinne des Einaxigwerdens eintreten werden. Die Wirkung in sich nicht entsprechenden Sectoren kommt der der 60° Glimmercombination gleich, bez. der Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetz.

Was diese letztere Wirkung nun selbst anlangt, so ist sie die einer 60° Glimmercombination. Im Centralfeld entsteht Circularpolarisation, in den Seitenfeldern wird der Axenwinkel verkleinert, die Axenebene aus der Normallage gedreht. Die Combination und die mit ihr zusammenfallende Zwillingsbildung kann also das Kleinerwerden des Axenwinkels und gewisse Änderungen in der Axenlage erklären; — man wird aber vergeblich am Pennin und den anderen Chloriten nach der durch sie hervorgerufenen Circularpolarisation suchen.

Die noch nicht erklärten Erscheinungen sind dann noch Stellen, in denen die Axen senkrecht stehen (Fig. 5 u. 6, S. 16 u. f. der Tschermak'schen Abhandlung) und Stellen, in denen die Axenebene um 20—22° aus ihrer Lage gedreht erscheint (6. S. 21), endlich die einaxigen Stellen.

Zur Erklärung ersterer müsste man eine, ebenfalls ursprüngliche, aber sich doch im Allgemeinen seltener zeigende, zur gewöhnlichen normale Axenlage annehmen, sie würde rechtwinkelig gekreuzte Lamellen und damit in weiterer Folge die Einaxigkeit liefern.

Die Erklärung der Stellen mit 20—22° Ausweichung deutet auf eine 45° Kreuzung von Lamellen hin. Bei einer solchen wird die Axenebene in gewissen Feldern um $22^1/_2°$ aus ihrer Lage gedreht (vergl. C. Klein Apophyllit 1892, Fig. 3). Hierfür wären vielleicht noch andere Zwillingsbildungen in Anspruch zu nehmen.

Jedenfalls sieht man, dass wenn auch die Einaxigkeit für gewisse Chlorite so zu Stande kommen kann, namentlich dann, wenn sie durch Spalten **durchaus** in zweiaxige Lamellen zerfällt werden können, die Anwendung auf den ächten Pennin schwierig, ja sogar fast unmöglich wird.

Ich möchte daher vorschlagen, nichts mit Gewalt zu deuten und die Dinge so anzusehen, wie sie sich darstellen.

Anstatt das monokline System aller Chlorite anzunehmen, bei welcher Annahme dem Endglied Pennin und dem darüber stehenden (Antigorit) Zwang angelegt wird, betrachte man diese als hexagonal rhomboëdrisch, die anderen als monoklin.

In der Ausbildung der hexagonal rhomboëdrischen Glieder ist eine grosse Neigung zum monoklinen System ausgesprochen; dieselbe gibt sich kund in der Formanlage und in dem optischen Verhalten.

Das eine, sauerste und — Endglied ist optisch einaxig, das entgegengesetzt stehende, optisch zweiaxige, basischste wird optisch +. Solange die — Componente bis zu einem gewissen Grade vorwaltet, ist das System noch einaxig und optisch —. Gewisse Zwischenglieder behalten die Einaxigkeit, verlieren aber den optisch negativen Charakter = optisch positiver Pennin. Noch andere Zwischenglieder sind monoklin, ahmen aber durch Pseudosymmetrie die hexagonal rhomboëdrische Symmetrie und das entsprechende optisch einaxige Verhalten nach (mimetischer Klinochlor). Bei noch verstärktem Eintreten der positiven Componente (Klinochlor) wird das System monoklin, die Doppelbrechung +, die Bildungen offenbaren aber immer noch Hinneigungen zu rhomboëdrischer Ausbildung.

Mit dieser steht der Umstand im Einklang, dass durch passendes Erwärmen der zweiaxige + Klinochlor in der That einaxig wird und positiv bleibt, wie alsbald gezeigt werden soll.

2. Resultate neuerer Untersuchungen.

Es war ursprünglich die Absicht vorhanden, nur den Pennin zu untersuchen, indessen stellte es sich bald heraus, dass ohne einen Vergleich mit Antigorit einerseits, mimetischem Klinochlor und Klinochlor andererseits die Sache nicht durchzuführen sein würde und so sind diese auch mit in den Kreis der Untersuchung einbezogen worden.

A. Antigorit vom Val d'Antigorio bei Domo d'Ossola.

Wie bekannt ist dieses Mineral optisch einaxig, hie und da mit etwas gestörten Erscheinungen (Axenwinkel zuweilen 36° in Luft), der Charakter der Doppelbrechung ist negativ für alle Farben.

Wird ein dünnes Spaltblättchen dieses Minerals schwach erhitzt, so dass die grüne Eigenfarbe noch erhalten bleibt, so ändert sich an der soeben beschriebenen Erscheinung wenig oder nichts. Wendet man höhere Temperaturen an, sodass sich das Blättchen erst etwas gelb färbt, sodann bräunt, so ist zwar der negative Charakter der Doppelbrechung für alle Farben erhalten geblieben, diese selbst aber gestiegen, wie man daran erkennt, dass jetzt das schwarze Kreuz distincter geworden und von mehr Ringen umgeben ist, wie am Anfang des Versuchs. Ein etwa vorhandener Axenwinkel wird dabei kleiner und nähert sich der Einaxigkeit.

Chemisch ändert sich bei diesem Vorgang die Substanz insofern, als Wasser austritt und vorhandenes FeO sich höher oxydirt. — Man muss, ausgehend von der Normalzusammensetzung, entweder annehmen, dass durch den Vorgang der Erwärmung eine neue wasserärmere und an Eisenoxyd reichere Substanz gebildet werde, wie vorher, oder sich vorstellen, es werde die einer sehr vorwaltenden sauren und negativen Componente isomorph in kleinen Mengen beigemischte, basischere, wasserreichere, positive Componente zerstört, bezw. auf die optische Wirkung des vorwaltenden negativen Antheils zurückgeführt.

B. Pennin.

a. Pennin von Zermatt.

Die Schilderungen, welche Des-Cloizeaux und Tschermak von dem optischen Verhalten des Pennins von Zermatt geben, kann ich, wie nicht anders zu erwarten, nur vollauf bestätigen.

Es kommen positive und negative Krystalle vor, bisweilen finden sich positive und negative Partien in einem und demselben Krystall.

Ich bemerkte in einem Krystalle neben positiven und negativen Stellen, bei denen um das Kreuz eine Färbung eintrat,[1] auch solche, lichteren Charakters, die das Kreuz mit der normalen Folge der Ringe bei negativem Charakter der Doppelbrechung zeigten.

Was die negativen Krystalle oder Stellen solchen Charakters anlangt, so erleiden sie, wenn der Ton um das Kreuz gelbgrün ist, beim Erwärmen keine wesentliche Veränderung.

Ist der Ton um das Kreuz blau, so findet man meist für Roth einfache Brechung, für Grün bis Blau dagegen negative Doppelbrechung. Beim Erhitzen verschwindet die blaue Farbe, der Grundton wird gelblichgrün und der Charakter der Doppelbrechung für alle Farben negativ.

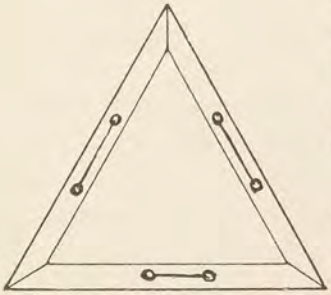
Positive Krystalle und positive Stellen in Krystallen lassen beim Erwärmen den + Charakter in den — Charakter für alle Farben übergehen und dabei den Grundton um das Kreuz, wenn er vorher blau war, nunmehr gelbgrün erscheinen.

In allen diesen Fällen der Änderung beobachtet man ein schwaches Steigen der Doppelbrechung, erkennbar am Distincterwerden des schwarzen Kreuzes.

Auffallend ist es ferner, dass nach dem Erwärmen, z. B. in einer ehemals positiven Platte viel mehr Stellen deutlicher Zweiaxigkeit als früher zu sehen sind. Wo sich beim Erwärmen das färbende Eisenmittel hinzieht, da wird, in lebhaft gelbbraun gewordenen Stellen, die Doppelbrechung sehr gesteigert angetroffen (erkenntlich an der vermehrten Ringzahl) und ihr Charakter als negativ erkannt. Besonders schön sieht man dies u. A. an verletzten Stellen der Krystalle.

Tschermak beschreibt (6. S. 73) eine Verwachsung von Pennin mit Klinochlor, indem ein Kern von (in dem mir vorliegenden Falle positivem) Pennin mit einer äusseren Hülle umkleidet war, die er für Klinochlor ansieht. In dieser äusseren dreiseitig begrenzten Hülle (Fig. 8) ist die Ebene der optischen Axen parallel je einer äusseren Dreiecksseite, der Axenwinkel in Luft $= 36°$ (40° an meinen Praeparaten) Roth $<$ Blau und der Charakter der Doppelbrechung +.

Fig. 8.



Bis hierher herrscht völlige Übereinstimmung. Erwärmt man nun aber die Platte, so wird der Axenwinkel in manchen Fällen wohl etwas kleiner, in anderen aber auch nicht,

[1] An kleinen Stellen solcher Krystalle bemerkt man ausserdem regellos im Krystalle zerstreut alle möglichen Übergangstöne des Chromocyclits: Gelb, Orange, Roth, Violett, Indigo und Blau.

dagegen kommt es vor, dass die Axenebene sich normal zur ersten Lage stellt, niemals geht aber der + in den — Charakter der Doppelbrechung über. Dies spricht für Pennin und gegen Klinochlor, welcher, wie wir sehen werden, seinen Charakter der Doppelbrechung beim stärksten Erwärmen beibehält.

b. Pennin (Mimetischer Klinochlor) vom Zillerthale.

Ich erkenne in diesem Mineral mit Tschermak ein Mittelding zwischen ächtem Pennin und Klinochlor an. Ob der Name mimetischer Klinochlor glücklich gewählt sei, möchte ich bezweifeln, da das Mineral sich vollkommen bei der Erwärmung wie der ächte Pennin insofern verhält, als positive Krystalle negativ werden und negative dies bleiben. Dieses Verhalten ist dem Pennin eigenthümlich und dem Klinochlor fremd, der, um es nochmals zu betonen, seinen + Charakter der Doppelbrechung nicht beim Erwärmen ändert.

Positive Krystalle fand ich seltener, negative häufiger. Bei letzteren war um das Kreuz ein blauer Ton zu sehen mit einer Andeutung eines grünen Ringes. Die Doppelbrechung war für Roth = o, für Gelb bis Blau = —.

Krystalle mit positiven Stellen (blauschwarzes Kreuz in gelbem Grund) und negativen Stellen (schwarzes Kreuz in blauem Grund) durcheinander, stellten die Mehrzahl der Fälle dar. Nach dem Erwärmen findet sich, wie beim Pennin, überall der negative Charakter der Doppelbrechung vor.

In chemischer Hinsicht werden diese Vorgänge eine Deutung wie bei dem Antigorit zulassen.

C. Klinochlor.

Über den Einfluss der Erwärmung auf Klinochlorkrystalle berichtet schon Des-Cloizeaux 1862 (2. S. 445) und 1867 (3. S. 637).

Hiernach wird bei steigender Temperatur der Axenwinkel kleiner und die Dispersion der Mittellinien geändert.

Ich fand bei Untersuchungen typischer Vorkommen von Achmatowsk und von Westchester in Pennsylvanien die Des-Cloizeaux'schen Angaben bestätigt.

So war an einem Exemplare von Westchester das Axenbild vor dem Erwärmen vom Mittelfaden ab auf

der einen Seite — auf der anderen Seite
unter 33° — unter 54° gelegen.

Nach dem Erwärmen betrugen diese Abstände:

27° — 42°

Der Axenwinkel war also kleiner geworden, es hatte eine einseitig stärkere Verschiebung der Mittellinie zu Gunsten einer nach beiden Seiten hin gleichwerthigen Position stattgefunden, und es war sonach die Tendenz ausgesprochen, diese Position unter günstigen Umständen zu erreichen. Der Charakter der Doppelbrechung war + geblieben, die Doppelbrechung gestiegen. Erhitzt man nun noch, den obigen Andeutungen folgend, weiter bis zur beginnenden Braunfärbung der Platte, so verstärkt sich das vorher angedeutete Verhalten und der Axenwinkel gelangt auf Null, die Doppelbrechung steigt erheblich. Ihr Charakter ist aber unverändert wie früher positiv geblieben.

Bemerkt mag noch ferner werden, dass das Vorkommen von Chester bisweilen kleine helle Partien einschliesst, die einaxig und von negativem Charakter der Doppelbrechung sind. Sie behalten diese Eigenschaften auch nach dem Erhitzen, das sie nur zuweilen bräunt, bei. Man wird nicht fehlgehen, in ihnen sogenannten einaxigen Glimmer zu sehen.

Wie die Vorkommen von Chester verhalten sich auch bezüglich des Einaxigwerdens bei stärkerer Erhitzung und Bräunung der Partien die Vorkommen vom Pfitsch- und vom Zillerthal, sowie die von Ala mit der regelmässigen Drillingsbildung. In allen Fällen bleibt aber beim Klinochlor der Charakter der Doppelbrechung positiv, so dass dies ein gutes Unterscheidungsmittel gegenüber Pennin und sogenanntem mimetischem Klinochlor abgibt.

Sehr auffallend zeigte dies unter Anderen auch ein Klinochlor von Pfitsch in Tyrol. Das Praeparat war vorher deutlich monoklinzweiaxig und positiv doppelbrechend. Nach dem Erhitzen zeigte sich ein schwarzes Kreuz in gelblich-grünem Grund und mit positivem Charakter der Doppelbrechung. Das Gebilde sah einem Penninpraeparat zum Verwechseln ähnlich. Unter dem Einfluss der Wärme blieb es aber + und konnte nicht — gemacht werden.

Im Ganzen steigt bei diesen Umwandlungen die Stärke der Doppelbrechung. Man hat guten Grund zur Annahme, dass hier beim Erhitzen die negative Componente umgestaltet, bez. der vorwaltenden positiven in ihrer optischen Wirkung gleich gemacht wird. Es entsprechen also die Resultate der Erwärmungsversuche der Theorie Tschermak's vom Aufbau der Chlorite durch zwei isomorphe Grundsubstanzen, wenn man annimmt, dass bei dem Erwärmen diejenige derselben am meisten verändert wird; die in der geringeren Menge vorhanden ist.

Speciell beim Pennin kommen dessen abnorme Erscheinungen, wie bei Apophyllit und Vesuvian, auf die Wirkungen sich isomorph

mischender + und — Substanzen heraus. Alles, was bei letzterem Mineral angeführt wurde, gilt auch hier, speciell auch der Einfluss der Componenten der Mischung beim Festwerden auf die optische Structur, die dadurch bewirkte Schwächung der sonst auf Grund des molecularen Baues einheitlich wirkenden Krystallisationskraft und das Einflussgewinnen der umgrenzenden Elemente der Flächen je nach deren Symmetrie und physikalischem Verhalten auf den Bau (versteckte Zweiaxigkeit) in optischer Hinsicht.[1]

[1] In Bezug auf letzteren Punkt hat in neuester Zeit mit Recht wiederum H. E. von Fedorow, N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1894. B. I 56 u. f. die Aufmerksamkeit der Forscher gelenkt und die diesbezügliche neuere und ältere Litteratur angegeben. Dies ist wichtig in Bezug auf die optischen Anomalien, erzeugt durch isomorphe Mischungen. — Was die optischen Anomalien, erzeugt durch Änderungen des Moleculargefüges, anlangt, so entwickelt H. E. von Fedorow a. a. O. S. 58 Ansichten, mit denen ich völlig einverstanden bin und zwar um so mehr als ich, N. Jahrb. f. Mineralogie 1884. B. I. S. 245, wenn auch nicht mit denselben Worten, so doch dem Sinne nach, dasselbe gesagt habe, was H. E. von Fedorow, präciser ausgedrückt und einer Abhandlung von 1891 entnommen, oben mittheilt.

Ausgegeben am 19. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.